Benutzerhandbuch für

@RISK für Six Sigma

Version 5.7
Mai 2009

Palisade Corporation
798 Cascadilla Street
Ithaca, NY 14850
USA
+1-607-277-8000
+1-607-277-8001 (Fax)
http://www.palisade.com (Web-Site)
sales@palisade.com (E-Mail)

Willkommen

Willkommen in @RISK, dem weltweit leistungsfähigsten Risikoanalyse-Tool! @RISK wird seit langem in allen Branchen zum Analysieren von Risiko und Unbestimmtheit verwendet. @RISK wird in vielen Branchen, wie z. B. Finanz, Erdöl und Erdgas, Versicherung, Fertigung, Gesundheitsfürsorge, Arzneimittel, Wissenschaft und anderen Gebieten eingesetzt und ist in der Tat genauso flexibel wie das Excel-Programm selbst. Zehntausende von Fachleuten verwenden täglich das @RISK-Programm, um Kosten zu schätzen, NPV (Kapitalwert) und IRR zu analysieren, Realoptionen zu bewerten, die Preise auszuarbeiten, Erdöl- und andere Abbaumöglichkeiten zu erforschen und für viele andere Aufgaben.

Eine wichtige Anwendung von @RISK ist in Six Sigma und Qualitätsanalyse. Ganz gleich, ob es sich um DMAIC, DFSS (Design for Six Sigma), Lean Projects (schlanke Projekte), DOE (Planung von Experimenten) oder andere Bereiche handelt, Unbestimmtheit und Variablen sind stets der Hauptgrund für die Six Sigma-Analyse. In @RISK wird die Monte Carlo-Simulation dazu verwendet, die Variabilitätsgründe in den Fertigungs- und Dienstleistungsprozessen zu identifizieren, zu messen und möglichst an der Wurzel zu erfassen. Eine ganze Garnitur an Fähigkeitsmetrik sorgt für die Berechnungen, die erforderlich sind, um Six Sigma schrittweise, schnell und korrekt ausführen zu können. Durch Diagramme und Tabellen werden die Six Sigma-Statistiken klar und deutlich angezeigt, wodurch diese leistungsstarke Technik dem Management mühelos und effektiv zugänglich ist. Wenn Sie @RISK Industrial verwenden, steht außerdem auch RISKOptimizer für Six Sigma-Analysen zur Verfügung, wodurch die Projektauswahl optimiert, Ressourcen zugewiesen und vieles mehr ausgeführt werden kann.

Viele Branchen, angefangen mit Motorenbau bis hin zu Fluggesellschaften, der Edelmetall- und der Verbrauchsgüterbranche, verwenden @RISK tagtäglich, um ihre Arbeitsverfahren und die Qualität ihrer Produkte bzw. Dienstleistungen zu verbessern und dabei Millionen einzusparen. Dieses Handbuch führt Sie Schritt für Schritt durch die @RISK Six Sigma-Funktionen, Statistiken, Diagramme und Berichte, um Ihnen zu zeigen, wie @RISK zu jedem Zeitpunkt eines Six Sigma-Projekts effektiv eingesetzt werden kann. Auch sind Beispiele für Fallstudien in diesem Handbuch enthalten, um Ihnen vordefinierte Modelle zu bieten, die Sie Ihren Analysen entsprechend anpassen können.

Die Standardfunktionen in @RISK, wie z. B. das Eingeben von Verteilungsfunktionen, die den Daten gemäße Anpassung von Verteilungen und das Ausführen von Simulationen und Empfindlichkeitsanalysen, können ebenfalls für Six Sigma-Modelle verwendet werden. Wenn @RISK für das Modellieren in Six Sigma eingesetzt wird, sollten Sie sich vorher mit diesen Funktionen vertraut machen, indem Sie das Handbuch „@RISK für Excel-Benutzer“ und auch online die entsprechenden Schulungsmaterialien durcharbeiten.

Inhaltsverzeichnis

Willkommen iii

Inhaltsverzeichnis v

Kapitel 1: Überblick über die @RISK- und Six Sigma-Methodiken 1

Einführung 3

Six Sigma-Methodiken 7

@RISK und Six Sigma 11

Kapitel 2: Verwendung von @RISK für Six Sigma 15

Einführung 17

Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* 19

Six Sigma-Statistikfunktionen 23

Six Sigma und das Ergebnisübersichtsfenster 37

Six Sigma-Markierungen auf Diagramme 39

Fallstudien 41

Beispiel 1 – Planung von Experimenten: Katapult 43

Beispiel 2 – Planung von Experimenten: Schweißen 49

Beispiel 3 – Planung von Experimenten mit Optimierung 55

Beispiel 4 – DFSS: Schaltkreisentwurf 63

Beispiel 5 – Lean Six Sigma: Analyse des aktuellen Zustands – Preisangebotsprozess 67

Beispiel 6 – DMAIC: Durchsatzertragsanalyse 77

Beispiel 7 – Six Sigma DMAIC-Ausfallrate 83

Beispiel 8 – Six Sigma DMAIC-Ausfallrate unter Verwendung von *RiskTheo* 87

Kapitel 1: Überblick über die @RISK- und Six Sigma-Methodiken

Einführung 3
Was ist Six Sigma? 3
Der wichtige Variationsfaktor 5
Six Sigma-Methodiken 7
Six Sigma / DMAIC 7
DFSS (Design for Six Sigma) 8
Lean oder Lean Six Sigma 9
@RISK und Six Sigma 11
@RISK und DMAIC 11
@ RISK und DFSS (Design for Six Sigma) 13
@RISK und Lean Six Sigma 14

Einführung

Bei den heutzutage wettbewerbsintensiven Geschäftsanforderungen ist Qualität wichtiger denn je. In diesem Umfeld ist @RISK das perfekte Begleitprodukt für jeden Six Sigma- oder Qualitäts-Profi. Diese leistungsstarke Lösung ermöglicht Ihnen, auf schnelle Weise die Auswirkung von Variation auf Prozesse und Planungen zu analysieren.

Außer für Six Sigma- und Qualitätsanalyse kann @RISK auch zum Analysieren von unbestimmten Situationen eingesetzt werden. Bei diesen Anwendungen handelt es sich u. a. um NPV, IRR, Realoptionen, Kostenschätzung, Portfolio-Analyse, Erdöl- und Erdgassuche, Versicherungsrücklagen, Preisgestaltung und vieles mehr. Weitere Informationen über die Verwendung von @RISK in anderen Anwendungen und über die allgemeine Anwendung von @RISK finden Sie im @RISK-Benutzerhandbuch, das der Software beiliegt.

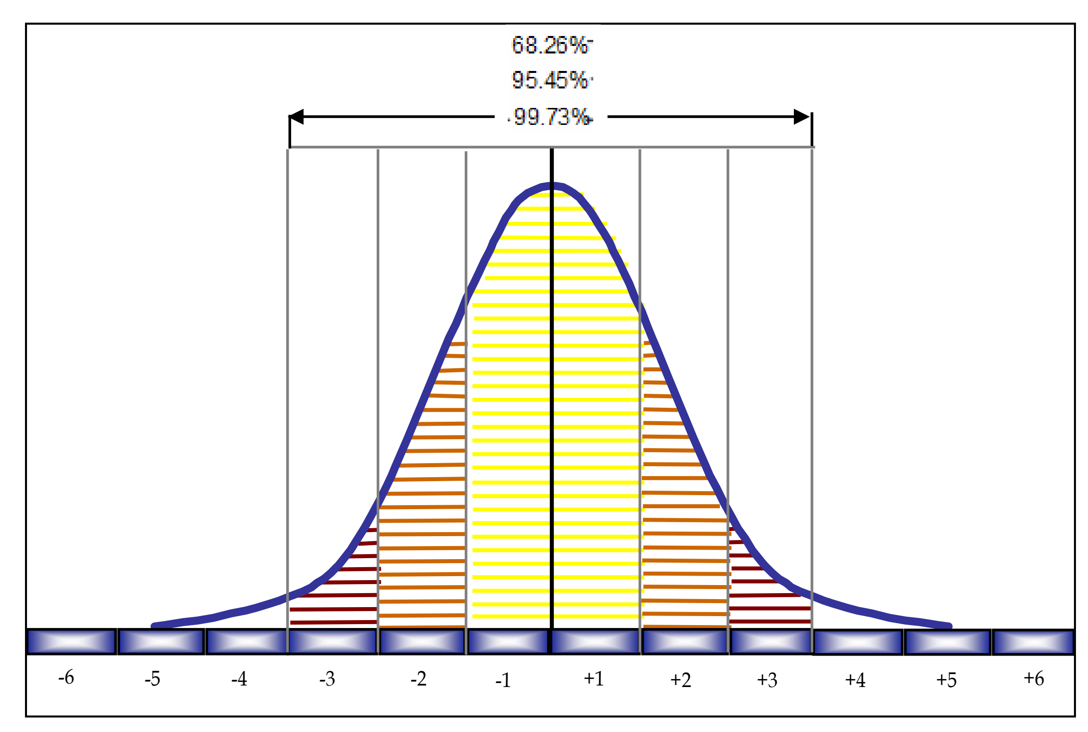
Was ist Six Sigma?

Bei Six Sigma handelt es sich um einen Satz von Praktiken, mit deren Hilfe Arbeitsprozesse systematisch verbessert werden können, und zwar durch **Reduzierung der Prozessvariation** und Vermeidung von **Defekten**. Ein Defekt ist ein **Nichtkonformgehen eines Produkts oder einer Dienstleistung mit den entsprechenden Spezifikationen**. Während die Einzelheiten dieser Methodik ursprünglich durch Motorola Mitte der 1980er Jahre formuliert wurden, baut sich Six Sigma heute auch stark auf Qualitätsverbesserungsmethodiken auf, die in den vorhergehenden Jahrzehnten z. B. durch Qualitätskontrolle, TQM (Total Quality Management) und Zero Defects (Null-Fehler-Methode) entwickelt wurden. Genau wie die Vorgänger, geht Six Sigma von folgenden Überlegungen aus:

- **Fortlaufende Bemühungen, die Variation in Arbeitsprozessausgaben zu reduzieren, ist der Schlüssel zum geschäftlichen Erfolg**
- **Fertigungs- und Geschäftsprozesse können gemessen, analysiert und überwacht werden**
- **Fortlaufende Qualitätsverbesserung erfordert das Engagement des gesamten Unternehmens, insbesondere des Spitzenmanagements**

Six Sigma ist datenbasiert und bezieht sich oft auf X- und Y-Variablen. X-Variablen sind unabhängige Eingabevariablen, die sich auf die abhängigen Ausgabevariablen (d. h. die Y-Variablen) auswirken. Six Sigma versucht, die Variation in X-Variablen zu identifizieren und zu steuern, um so die Qualität so hoch wie möglich und die Variation in den Y-Variablen so niedrig wie möglich zu halten.

Der Ausdruck **Six Sigma** oder **6σ** ist eine gute Beschreibung dieser Software. Der griechische Buchstabe Sigma (σ) bezeichnet die Standardabweichung, bei der es sich um ein wichtiges Variationsmaß handelt. Die Variation in einem Prozess bezieht sich darauf, wie eng alle Ausgaben am Mittelwert liegen. Die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers oder Defekts kann geschätzt und dann in eine „Sigma-Prozessebene“ übersetzt werden. Je höher die Sigma-Prozessebene, desto besser die Leistung. **Six Sigma bezieht sich auf sechs Standardabweichungen zwischen der durchschnittlichen Prozessmitte und der nächstliegenden Spezifikationsgrenze oder Dienstleistungsebene**. Das bedeutet weniger als 3,4 Defekte pro einer Million von Gelegenheiten (DPMO). Es folgt eine grafische Darstellung von Six Sigma.



Six Sigma (oder Standardabweichungen) vom Mittelwert

Unternehmen haben durch Implementierung von Six Sigma bereits erhebliche Einsparungen und auch wichtige Qualitätsverbesserungen vornehmen können. Motorola berichtete beispielsweise., dass seit Einführung dieses Programms Mitte der 1980er Jahre bereits 17 Milliarden Dollar eingespart werden konnten. Lockheed Martin, GE, Honeywell und viele andere Firmen haben gleichfalls enorme Vorteile durch Six Sigma verzeichnen können.

Der wichtige Variationsfaktor

Zu viele Six Sigma-Praktiker verlassen sich einfach auf statische Modelle und berücksichtigen nicht die ihren Prozessen und Planungen anhaftende Unbestimmtheit und Variabilität. Im Streben nach maximaler Qualität ist es sehr wichtig, möglichst viele Szenarien zu berücksichtigen.

Und dafür ist @RISK genau richtig. In diesem Programm wird die Monte Carlo-Simulation dazu verwendet, Tausende von möglichen Ergebnissen zu analysieren und dabei jeweils anzuzeigen, wie hoch die Auftretenswahrscheinlichkeit ist. Die Unbestimmtheitsfaktoren werden durch mehr als 35 Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen definiert, durch die genau jeweils der mögliche Wertebereich der Eingaben beschrieben wird. Außerdem ermöglicht Ihnen @RISK, die obere und untere Spezifikationsgrenze sowie auch den Zielwert für die einzelnen Ausgaben zu definieren. Des Weiteren bietet das Programm eine große Anzahl an Six Sigma-Statistiken sowie auch die Fähigkeitsmetrik für diese Ausgaben.

@RISK Industrial schließt obendrein die Funktion *RISKOptimizer* ein, wodurch die leistungsstarke Monte Carlo-Simulation mit dieser gentechnischen und auf Algorithmus basierten Optimierungsmethode kombiniert werden kann. Das ermöglicht Ihnen, bei Optimierungen auch Unbestimmtheitsprobleme anzupacken, wie z. B. bei:

- Ressourcen-Zuordnung, um die Kosten möglichst niedrig zu halten
- Projektauswahl, um den Gewinn zu maximieren
- Optimierung der Prozesseinstellungen, um den Ertrag so hoch und die Kosten so gering wie möglich zu halten
- Optimierung der Toleranzzuordnung, um die Qualität zu maximieren
- Optimierung der Personalbesetzung, um die bestmögliche Dienstleistung zu erreichen

Six Sigma-Methodiken

@RISK kann für eine Vielfalt von Six Sigma- und damit zusammenhängenden Analysen verwendet werden. Dabei geht es vor allem um folgende Analysen:

- **Six Sigma / DMAIC / DOE**
- **DFSS (Design for Six Sigma – Planung für Six Sigma)**
- **Lean oder Lean Six Sigma (schlankes Six Sigma)**

Six Sigma / DMAIC

Meistens wird beim Erwähnen von Six Sigma hauptsächlich an die DMAIC-Methodik gedacht. Diese Methodik sollte verwendet werden, wenn ein Produkt oder Prozess zwar vorhanden ist, aber nicht den vom Kunden gegebenen Spezifikationen entspricht oder sonstige Mängel aufweist.

DMAIC konzentriert sich auf die entwicklungsmäßige und fortlaufende Verbesserung in Fertigungs- und Dienstleistungsprozessen und besteht fast immer aus folgenden Phasen: **Definieren, Messen, Analysieren, Verbessern und Überwachen:**

1) **Definieren** Sie die Projektziele und VOC (Voice of Customer)-Anforderungen
2) **Messen** Sie den Vorgang, um die aktuelle Leistung festzustellen
3) **Analysieren** und bestimmen Sie die Hauptursache(n) der Defekte
4) **Verbessern** Sie den Prozess, indem Sie die Hauptursachen der Defekte beseitigen
5) **Überwachen** Sie die fortlaufende Durchführung des Prozesses

DFSS (Design for Six Sigma)

DFSS wird verwendet, um eine Produkt oder eine Dienstleistung von Grund auf zu planen oder neu zu planen. Die erwartete Sigma-Prozessebene für ein DFSS-Produkt oder eine DFSS-Dienstleistung ist mindestens 4,5 (d. h. nicht mehr als ungefähr 1 Defekt pro tausend Gelegenheiten). Je nach Produkt, kann aber auch eine Sigma-Prozessebene von 6 oder höher verwendet werden. Um ein Produkt oder eine Dienstleistung auf solch einer geringen Defektebene starten zu können, müssen die Erwartungen und Anforderungen des Kunden, d. h. die CTQs (Critical-to-Qualities-Anforderungen) vollständig verstanden werden, bevor die Planung abgeschlossen und implementiert werden kann. Durch erfolgreiche DFSS-Programme kann unnötige Verschwendung schon bei der Projektplanung reduziert und können somit die Produkte schneller auf den Markt gebracht werden.

Im Gegensatz zur DMAIC-Methodik sind die DFSS-Phasen oder –Schritte nicht immer allgemein erkennbar oder definiert. In fast jedem Unternehmen oder jeder Schulungsgruppe wird DFSS wahrscheinlich unterschiedlich definiert werden. Eine der beliebten DFSS-Methodiken wird **DMADV** genannt und gleicht praktisch der Methodik DMAIC (d. h. gleiche Anzahl an Buchstaben, Phasen usw.). Die fünf DMADV-Phasen bestehen aus **Definieren, Messen, Analysieren, Planen** und **Überprüfen**:

1) **Definieren** Sie die Projektziele sowie die Kundenanforderungen (d. h. die internen und externen VOC-Anforderungen)

2) **Messen** und bestimmen Sie, was der Kunde benötigt, und stellen Sie fest, welche Art von Mitbewerbern Sie in der betreffenden Branche haben

3) **Analysieren** Sie die Prozessoptionen, um den Anforderungen des Kunden zu entsprechen

4) **Planen** (d. h. detaillieren) Sie den Prozess, um den Erwartungen des Kunden nachzukommen

5) Überprüfen Sie die geplante Prozessdurchführung und deren Fähigkeit, den Anforderungen des Kunden zu entsprechen

Lean oder Lean Six Sigma

„Lean Six Sigma" bezeichnet ein synergetisches Tool, das aus einer Kombination von „schlanker Produktion" (ursprünglich durch Toyota entwickelt) und statistischen Six Sigma-Methodiken besteht. **„Lean" (schlank) bezieht sich auf das Bemühen, den Prozess zu beschleunigen, und zwar durch Reduzierung von Verschwendung und Vermeidung aller Schritte, die dem Prozess keinen Wert hinzufügen.** Der Schwerpunkt von „Lean" beruht auf der Strategie, nur die vom Kunden verlangten Produkte herzustellen und diese auch zeitmäßig wie vom Kunden gewünscht zu liefern. Six Sigma verbessert die Performance, indem das Programm sich auf Prozessaspekte konzentriert, die (vom Kunden her gesehen) für die Qualität wichtig sind und auch zur Beseitigung von Variation beitragen. Viele Dienstleistungsfirmen sind beispielsweise bereits dazu übergegangen, das qualitativ bessere Six Sigma mit der Effizienz von „Lean" zu vereinen, indem Sie „Lean Six Sigma" (schlankes Six Sigma) verwenden.

In „Lean" werden „Kaizen-Ereignisse" (d. h. intensive, meistens wochenlange Verbesserungssitzungen) dazu verwendet, auf schnelle Weise Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren. Dadurch wird ein Schritt weiter als bei einem traditionellen Prozessplan gegangen, indem eine Werteflussanalyse verwendet wird. In Six Sigma wird die formelle DMAIC-Methodik verwendet, um für messbare und wiederholbare Ergebnisse zu sorgen.

Sowohl im Lean- als auch im Six Sigma-Programm wird davon ausgegangen, dass Unternehmen sich aus Geschäftsprozessen zusammensetzen, die mit Kundenanforderungen beginnen und mit zufrieden gestellten Kunden enden sollten.

@RISK und Six Sigma

Ganz gleich, ob es sich um DMIAC, Planung von Experimenten oder Lean Six Sigma handelt, Unbestimmtheit und Variabilität sind stets der Hauptgrund einer Six Sigma-Analyse. In @RISK wird die Monte Carlo-Simulation dazu verwendet, die Variabilitätsgründe in Ihren Fertigungs- und Dienstleistungsprozessen zu identifizieren, zu messen und möglichst an der Wurzel zu erfassen. Während der gesamten Analyse können die einzelnen Six Sigma-Methodiken durchaus Nutzen aus @RISK ziehen.

@RISK und DMAIC

@RISK kann in jeder DMAIC-Phase dazu eingesetzt werden, die Variation zu identifizieren und auf Problembereiche in bereits bestehenden Produkten hinzuweisen.

1) **Definieren. Definieren Sie Ihre Prozessverbesserungsziele, einschließlich Kundenanforderungen und Geschäftsstrategie.** Wertflussanalyse, Kostenschätzung und CTQ-Identifizierung sind alles Bereiche, in denen @RISK dabei helfen kann, den Schwerpunkt zu setzen und Ziele festzulegen. In @RISK konzentriert sich die Empfindlichkeitsanalyse auf die CTQs, die die Rentabilität des Unternehmens beeinflussen.

2) **Messen. Messen Sie die aktuellen Leistungsebenen und deren Variationen.** Durch Verteilungsanpassung und mehr als 35 Wahrscheinlichkeitsverteilungen kann die Leistungsvariation sehr genau definiert werden. Mithilfe von Statistiken aus @RISK-Simulationen sind beim Analysieren die nötigen Daten für Vergleich mit den Anforderungen vorhanden.

3) **Analysieren. Analysieren Sie Zusammenhang und Ursache der Defekte. Stellen Sie sicher, dass alle Faktoren berücksichtigt wurden.** Durch die @RISK-Simulation können Sie sicher sein, dass alle Eingabefaktoren berücksichtigt und alle Ergebnisse entsprechend dargestellt worden sind. Auf Basis der Empfindlichkeits- und Szenario-Analyse können Sie die Ursachen für Variabilität und Risiko genau feststellen und auch die Toleranz entsprechend analysieren. Mithilfe der Six Sigma-Statistikfunktionen ist es in @RISK möglich, die Fähigkeitsmetrik zu berechnen und somit die Lücken zwischen Messungen und Anforderungen zu identifizieren. Dadurch kann erkannt werden, wie oft Produkte oder Prozesse nicht wunschgemäß funktionieren. Das gibt Ihnen ein Gefühl für die Zuverlässigkeit des betreffenden Produkts oder Prozesses.

4) **Verbessern. Verbessern oder optimieren Sie den Prozess, und zwar auf Basis der Analyse und Verwendung von Techniken, wie z. B. „Planung von Experimenten“.** Planung von Experimenten schließt die Planung aller informationserfassenden Vorgänge ein, bei denen Variation vorhanden ist. Es spielt dabei keine Rolle, ob beim Experiment volle Kontrolle über die Variationen vorhanden ist oder nicht. Unter Verwendung der @RISK-Simulation können Sie verschiedene alternative Planungen und Prozessänderungen ausprobieren. In dieser Phase kann @RISK auch zur Zuverlässigkeitsanalyse und (bei Verwendung von RISKOptimizer) zur Optimierung der Ressourcen eingesetzt werden.

5) **Überwachen. Überwachen Sie den Prozess, um sicherzustellen, dass Varianzen berichtig werden, bevor sie Defekte verursachen.** Während der Überwachungsphase können Sie Probeläufe vornehmen, um die Prozessfähigkeit feststellen, zur Produktion übergehen und anschließend laufend den Prozess messen und Kontrollmechanismen einrichten zu können. @RISK berechnet automatisch die Prozessfähigkeit und überprüft die Modelle, um sicherzustellen, dass die Qualitäts- und Kundenanforderungen eingehalten werden.

@ RISK und DFSS (Design for Six Sigma)

Eine der Hauptverwendungsmöglichkeiten von @RISK in Six Sigma ist während der Planungsphase eines neuen Projekts, und zwar zusammen mit DFSS. Das Testen von verschiedenen Prozessen bei Fertigungsmodellen oder Prototypen bzw. bei Dienstleistungsmodellen kann sehr kostspielig sein. @RISK ermöglicht den Technikern, Tausende von verschiedenen Modellergebnissen zu simulieren, ohne dabei die Kosten und Zeit für physikalische Simulation aufwenden zu müssen. @RISK ist in jeder Phase einer DFSS-Implementierung sehr nützlich, und zwar in gleicher Weise wie auch die DMAIC-Schritte. Das Verwenden von @RISK für DFSS bietet Technikern folgende Vorteile:

- **Möglichkeit, mit verschiedenen Planungen zu experimentieren / Planung von Experimenten**
- **Fähigkeit, CTQs zu identifizieren**
- **Gelegenheit, Prozessfähigkeiten zu prognostizieren**
- **Möglichkeit, Produktplanungsbeschränkungen anzuzeigen**
- **Fähigkeit, die Kosten abzuschätzen**
- **Gelegenheit, das Projekt auszuwählen, und zwar unter Verwendung von RISKOptimizer, um nach dem optimalen Portfolio zu suchen**
- **Möglichkeit, eine statistische Toleranzanalyse vorzunehmen**
- **Fähigkeit, Ressourcen zuzuordnen, und zwar unter Verwendung von RISKOptimizer, um die Leistungsfähigkeit zu maximieren**

@RISK und Lean Six Sigma

@RISK ist das perfekte Begleitprogramm für die Synergie von schlanker Fertigung (Lean Production) und Six Sigma. Nur auf Qualität zugeschnittene Six Sigma-Modelle sind u. U. unzureichend, wenn sie zur Reduzierung von Variation in nur einem einzigen Schritt des Prozesses eingesetzt werden oder in Prozessen, die keinen zusätzlichen Wert für den Kunden ergeben. Durch eine Six Sigma-Analyse kann sich beispielsweise ergeben, dass während des Fertigungsprozesses eine zusätzliche Überprüfung vorgenommen werden sollte, um fehlerhafte Einheiten abzufangen. Dadurch würde dann zwar die Verarbeitung von fehlerhaften Einheiten vermieden werden, aber die Kosten einer hinzugefügten Überprüfung stellen natürlich gleichfalls eine Verschwendung dar. Durch eine Lean Six Sigma-Analyse können mittels @RISK die Ursachen dieser fehlerhaften Einheiten festgestellt werden. Auch kann in @RISK durch Qualitäts- und Taktzeit-Metrik die Unbestimmtheit nachgewiesen werden.

Mit anderen Worten, mithilfe von @RISK ergeben sich durch die Lean Six Sigma-Analyse folgende Vorteile:

- **Projektauswahl – unter Verwendung von RISKOptimizer, um nach dem optimalen Portfolio zu suchen**
- **Wertflussanalyse**
- **Identifizierung von CTQs, die zur Variation führen**
- **Prozessoptimierung**
- **Aufdeckung und Reduzierung von überflüssigen Prozessschritten**
- **Lagebestandsoptimierung – unter Verwendung von RISKOptimizer, um die Kosten so gering wie möglich zu halten**
- **Zuordnung von Ressourcen – unter Verwendung von RISKOptimizer, um die Leistungsfähigkeit zu maximieren**

Kapitel 2: Verwendung von @RISK für Six Sigma

Einführung **17**

Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* **19**

Eingabe der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* 20

Six Sigma-Statistikfunktionen **23**

RiskCp 26
RiskCpm 26
RiskCpk 27
RiskCpkLower 27
RiskCpkUpper 28
RiskDPM 28
RiskK 29
RiskLowerXBound 29
RiskPNC 30
RiskPNCLower 30
RiskPNCUpper 31
RiskPPMLower 31
RiskPPMUpper 32
RiskSigmaLevel 32
RiskUpperXBound 33
RiskYV 33
RiskZlower 34
RiskZMin 34
RiskZUpper 35

Six Sigma und das Ergebnisübersichtsfenster **37**

Six Sigma-Markierungen und Diagramme **39**

Einführung

Die standardmäßigen Simulationsfähigkeiten in @RISK sind durch Hinzufügung von vier wichtigen Funktionen erweitert worden, um @RISK auch in der Six Sigma-Modellierung verwenden zu können. Es handelt sich um folgende Funktionen:

1) die Eigenschaftsfunktion ***RiskSixSigma***, durch die Spezifikationsgrenzen und Zielwerte für Simulationsausgaben eingegeben werden können

2) **Six Sigma-Statistikfunktionen**, einschließlich Prozessfähigkeitsindizes, wie z. B. *RiskCpk* und *RiskCpm*, durch die Six Sigma-Statistiken über Simulationsergebnisse zurückgegeben werden können, und zwar direkt in den Kalkulationstabellenzellen

3) **Neue Spalten im Fenster „Ergebnisübersicht“**, wodurch Six Sigma-Statistiken über Simulationsergebnisse im Tabellenformat verfügbar sind

4) **Markierungen** in Diagrammen über Simulationsergebnisse, um Spezifikationsgrenzen und Zielwerte anzuzeigen

Die Standardfunktionen in @RISK, wie z. B. das Eingeben von Verteilungsfunktionen, die den Daten gemäße Anpassung von Verteilungen und das Ausführen von Simulationen und Empfindlichkeitsanalysen, können ebenfalls für Six Sigma-Modelle verwendet werden. Wenn @RISK für das Modellieren in Six Sigma eingesetzt wird, sollten Sie sich vorher mit diesen Funktionen vertraut machen, indem Sie das Handbuch „@RISK für Excel-Benutzer“ und auch die entsprechenden Online-Schulungsmaterialien durcharbeiten.

Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*

In einer @RISK-Simulation wird durch die Funktion *RiskOutput* in der Kalkulationstabelle eine Zelle als Simulationsausgabe identifiziert. Für jede ausgewählte Ausgabezelle wird dann eine Verteilung von möglichen Resultaten generiert. Solche Wahrscheinlichkeitsverteilungen entstehen dadurch, dass die für eine Zelle berechneten Werte bei jeder Simulationsiteration erfasst werden.

Wenn für eine Ausgabe irgendwelche Six Sigma-Statistiken berechnet werden sollen, wird die Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* als Argument für die Funktion *RiskOutput* eingegeben. Durch diese Eigenschaftsfunktion werden die untere Spezifikationsgrenze, obere Spezifikationsgrenze, der Zielwert, die Langfristverschiebung und die Anzahl der Standardabweichungen für die Six Sigma-Berechnungen einer Ausgabe festgelegt. Diese Werte werden dazu verwendet, die Six Sigma-Statistiken zu berechnen, die im Ergebnisübersichtsfenster und in Diagrammen für die Ausgabe angezeigt werden. Beispiel:

RiskOutput("Höhe des Teils";;RiskSixSigma(0,88;0,95;0,915;1;5;6))

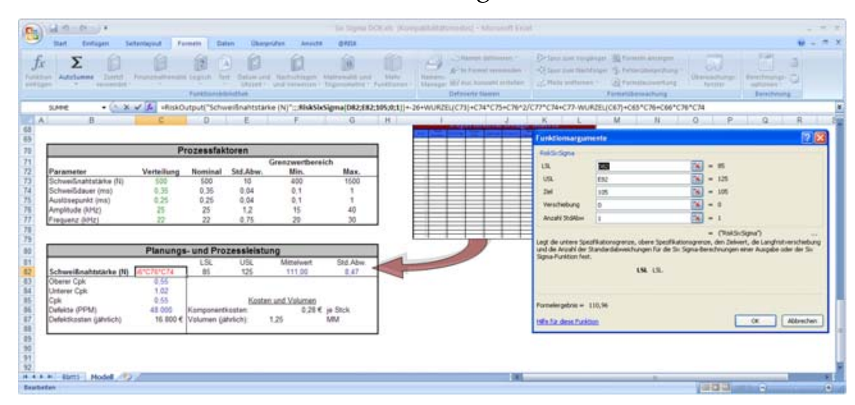
entspricht einer LSL von 0,88, einer USL von 0,95, einem Zielwert von 0,915, einer Langfristverschiebung von 1,5 und 6 Standardabweichungen für die Ausgabe „Höhe des Teils". Bei der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* kann auch die Zellbezugnahme verwendet werden.

Diese Werte werden dazu verwendet, die Six Sigma-Statistiken zu berechnen, die im Ergebnisübersichtsfenster und als Markierungen in Diagrammen für die Ausgabe angezeigt sind.

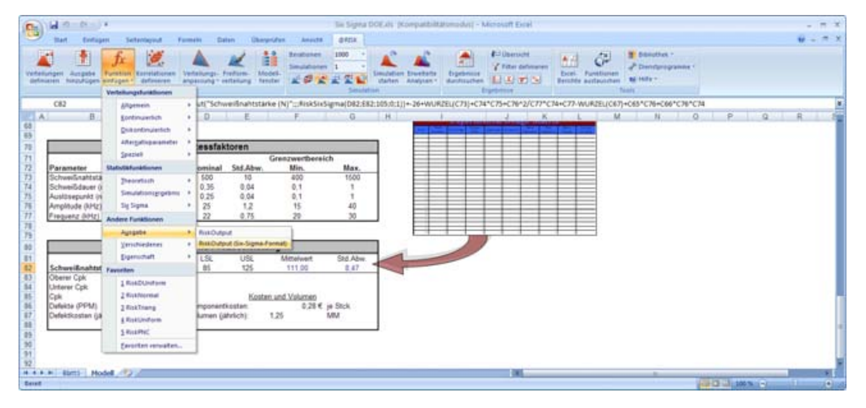
Wenn @RISK in einer Ausgabe die Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* erkennt, werden im Fenster **Ergebnisübersicht** automatisch die verfügbaren Six Sigma-Statistiken über die Simulationsergebnissen für die Ausgabe angezeigt. Auch werden den Simulationsergebnisdiagrammen die LSL-, USL- und Zielwert-Markierungen für die Ausgabe hinzugefügt.

Eingabe der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*

Die Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* kann als Argument für die Funktion *RiskOutput* direkt in die Zellformel eingegeben werden. Es kann aber auch der **Excel-Funktionsassistent** verwendet werden, um der Zellformel die Funktion hinzuzufügen.

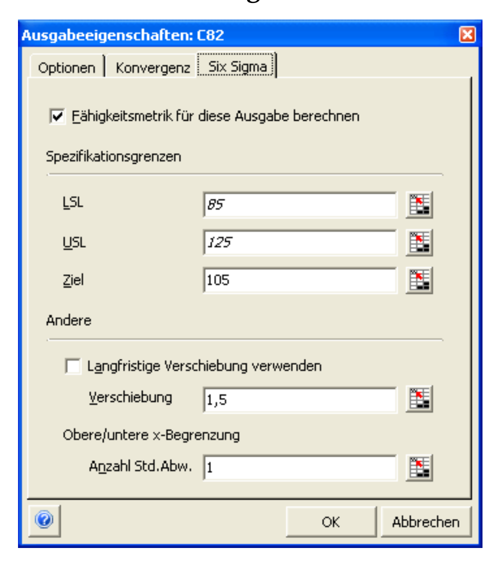


Über den @RISK-Befehl **Funktion einfügen** können Sie schnell die Funktion *RiskOutput* zusammen mit der hinzugefügten Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* eingeben. Wählen Sie in @RISK im Menü **Funktion einfügen** unter **Ausgabe** einfach den Befehl **RiskOutput (Six Sigma-Format)** und schon wird der Formel in der aktiven Zelle die entsprechende Funktion hinzugefügt.



Ausgabe-eigenschaften – Registerkarte „Six Sigma“

In @RISK ist außerdem ein Funktionseigenschaftsfenster verfügbar, über das die Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* in die Funktion *RiskOutput* eingegeben werden kann. In diesem Fenster ist die Registerkarte **Six Sigma** zu sehen, die Argumente für die Funktion *RiskSixSigma* enthält. Öffnen Sie das Fenster **Eigenschaften** für die Funktion *RiskOutput*, indem Sie in @RISK im Fenster **Ausgabe hinzufügen** auf die Schaltfläche **Eigenschaften** klicken.



Die Standardeinstellungen für eine in Six Sigma-Berechnungen zu verwendende Ausgabe werden auf der Registerkarte **Six Sigma** vorgenommen. Es handelt sich dabei um folgende Einstellungen:

- **Fähigkeitsmetrik für diese Ausgabe berechnen.** Legt fest, dass die Fähigkeitsmetrik in den Berichten und Diagrammen dieser Ausgabe angezeigt werden soll. Für diese Metrik werden die eingegebenen LSL-, USL- und Zielwerte verwendet.

- **LSL**, **USL** und **Ziel**. Stellt die LSL (untere Spezifikationsgrenze), USL (obere Spezifikationsgrenze) und die Zielwerte für die Ausgabe ein.

- **Langfristige Verschiebung verwenden und Verschiebung.** Legt eine optionale Berechnungsverschiebung der langfristigen Fähigkeitsmetrik fest.

- **Obere/untere x-Begrenzung.** Die Anzahl der Standardabweichungen rechts oder links vom Mittelwert, die zur Berechnung des oberen oder unteren Werts der x-Achse verwendet werden.

Aufgrund der eingegebenen Six Sigma-Einstellungen wird dann der Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion hinzugefügt. Nur für Ausgaben, die die Eigenschaftsfunktion ***RiskSixSigma*** enthalten, können in Diagrammen und Berichten die Six Sigma-Markierungen und –Statistiken angezeigt werden. Durch die Six Sigma-Statistikfunktionen in Excel-Arbeitsblättern kann auf alle Ausgabezellen Bezug genommen werden, die die Eigenschaftsfunktion ***RiskSixSigma*** enthalten.

Hinweis: In @RISK werden für alle Diagramme und Berichte die LSL-, USL-, Langfristverschiebungs- und Standardabweichungswerte aus RiskSixSigma-Eigenschaftsfunktionen verwendet, die bei Start der betreffenden Simulation vorhanden waren. Wenn Sie die Spezifikationsgrenzen für eine Ausgabe (und die zugehörige Eigenschaftsfunktion „RiskSixSigma“ ändern, müssen Sie die Simulation erneut ausführen, um die veränderten Diagramme und Berichte sehen zu können.

Six Sigma-Statistikfunktionen

Über eine Reihe von @RISK-Statistikfunktionen kann jederzeit die gewünschte **Six Sigma-Statistik** oder eine Simulationsausgabe zurückgegeben werden. Die Funktion *RiskCPK(A10)* gibt beispielsweise den CPK-Wert für die Simulationsausgabe in Zelle A10 zurück. Diese Funktionen werden während der Simulation in Echtzeit aktualisiert. Diese Funktionen sind so ähnlich wie die standardmäßigen @RISK-Statistikfunktionen (z. B. *RiskMean*), da sie ebenfalls die sich aus Simulationsergebnissen ergebenden Statistiken berechnen, Aber es handelt sich hier um Statistiken, die gewöhnlich für Six Sigma-Modelle nötig sind. Diese Funktionen können in Ihrem Modell für alle beliebigen Kalkulationstabellenzellen und Formeln verwendet werden.

In @RISK sollte Folgendes bei den Six Sigma-Statistikfunktionen beachtet werden:

- Wenn ein Zellverweis als ersten Argument für die Statistikfunktion eingegeben wird und die betreffende Zelle eine *RiskOutput*-Funktion mit einer *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion enthält, verwendet @RISK die LSL-, USL-, Ziel-, Langfristverschiebungs- und Standardabweichungs-Werte aus der entsprechenden Ausgabe, um die gewünschte Statistik zu berechnen.
- Bei Eingabe eines Zellverweises als erstes Argument, braucht es sich bei der Zelle nicht unbedingt um eine durch die Funktion *RiskOutput* identifizierte Simulationsausgabe zu handeln. Wenn es jedoch keine Ausgabe ist, **muss der Statistikfunktion eine optionale *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion hinzugefügt werden**, damit @RISK auch die nötigen Einstellungen zur Verfügung hat, um die gewünschte Statistik berechnen zu können.
- Durch direkte Eingabe einer optionalen *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion in eine Statistikfunktion **wird @RISK veranlasst, die in der *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion angegebenen Six Sigma-Einstellungen bezüglich der betreffenden Simulationsausgabe außer Kraft zu setzen.** Auf diese Weise können die Six Sigma-Statistiken mit verschiedenen Werten für LSL, USL, Ziel, Langfristverschiebung und Standardabweichungen für dieselbe Ausgabe berechnet werden.

- Wenn anstelle eines Zellverweises ein Name eingegeben wird, sucht @RISK zuerst nach einer Ausgabe, die den eingegebenen Namen enthält, und sieht dann in den Eigenschaftsfunktionseinstellungen für *RiskSixSigma* nach. Der Benutzer muss daher sicherstellen, dass den Ausgaben, auf die in Statistikfunktionen Bezug genommen wird, auch eindeutige Namen gegeben werden.

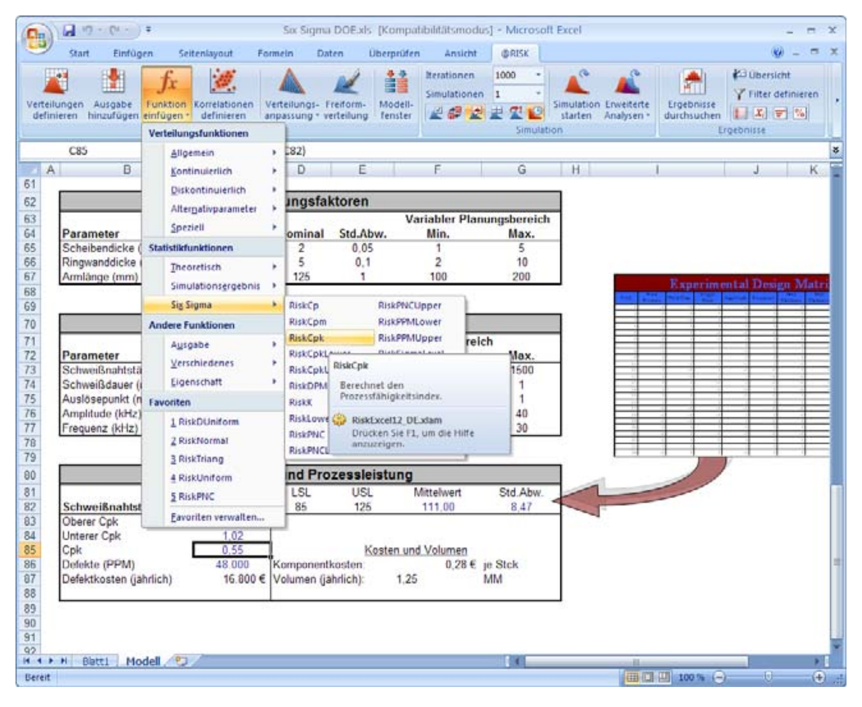
- Bei Ausführung von mehreren Simulationen wird durch das eingegebene Argument *Sim.Nr.* die Simulation ausgewählt, für die dann die gewünschte Statistik zurückgegeben wird. Dieses Argument ist optional und kann ausgelassen werden, wenn jeweils nur eine einzige Simulation ausgeführt wird.

- Wenn eine optionale *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion direkt in eine Six Sigma-Statistikfunktion eingegeben wird, werden je nach ausgeführter Berechnung unterschiedliche Argumente aus der Eigenschaftsfunktion verwendet.

- Wenn sich die Statistikfunktionen allerdings in Vorlageblättern befinden, die zur Erstellung von benutzerdefinierten Simulationsergebnis-Berichten verwendet werden, können diese Funktionen nur nach Beendigung einer Simulation aktualisiert werden.

Eingabe von Six Sigma-Statistikfunktionen

In @RISK ermöglicht Ihnen der Befehl **Funktion einfügen**, auf schnelle Weise eine Six Sigma-Statistikfunktion einzufügen. Sie brauchen zu diesem Zweck in @RISK im Menü **Funktion einfügen** unter der Funktionskategorie **Statistik** nur den Befehl **Six Sigma** wählen und dann auf die gewünschte Funktion klicken. Die ausgewählte Funktion wird in der aktiven Zelle dann der Formel hinzugefügt.



RiskCp

Beschreibung	***RiskCp****(Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Prozesswahrscheinlichkeit für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. Optional kann auch die *LSL* und *USL* in der einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* verwendet werden. Durch diese Funktion wird die Qualitätsebene der angegebenen Ausgabe berechnet und was dadurch möglicherweise erreicht werden kann.
Beispiele	***RiskCP(A10)*** gibt die Prozesswahrscheinlichkeit für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskCP(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt die Prozesswahrscheinlichkeit für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100 und einer USL von 120.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskCpm

Beschreibung	**RiskCpm**(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) gibt den Taguchi-Wahrscheinlichkeitsindex für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. zurück. Optional kann auch die *LSL, USL* und das *Ziel* in der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* verwendet werden. Diese Funktion ist praktisch die gleiche wie *Cpk*, schließt aber den Zielwert mit ein, der in einigen Fällen vielleicht innerhalb der Spezifikationsgrenze liegt.
Beispiele	***RiskCpm(A10)*** gibt den Taguchi-Wahrscheinlichkeitsindex für Zelle A10 zurück. ***RiskCpm(A10;;RiskSixSigma(100; 120; 110; 0; 6))*** gibt den Taguchi-Wahrscheinlichkeitsindex für Zelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer USL von 120, einer LSL von 100 und einem Zielwert von 110.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskCpk

Beschreibung	***RiskCpk***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet den Prozesswahrscheinlichkeitsindex für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. Optional kann auch die LSL und USL in der einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* verwendet werden. Diese Funktion ist so ähnlich wie *Cp*, berücksichtigt aber eine *Cp*-Anpassung, um die Auswirkung einer exzentrischen Verteilung mit einzubeziehen. Als Formel ist Cpk = (USL-Mittelwert) / (3 x Sigma) oder (LSL-Mittelwert) / (3 x Sigma), je nachdem, welcher Wert kleiner ist.
Beispiele	***RiskCpk(A10)*** gibt den Prozesswahrscheinlichkeitsindex für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskCpk(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt den Prozesswahrscheinlichkeitsindex für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100 und einer USL von 120.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskCpkLower

Beschreibung	***RiskCpkLower***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet den einseitigen Wahrscheinlichkeitsindex für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar auf Basis der unteren Spezifikationsgrenze. Optional kann auch die *LSL* in der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* verwendet werden.
Beispiele	***RiskCpkLower(A10)*** gibt den einseitigen Wahrscheinlichkeitsindex für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar auf Basis der unteren Spezifikationsgrenze. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskCpkLower(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt den einseitigen Wahrscheinlichkeitsindex für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskCpkUpper

Beschreibung	***RiskCpkUpper***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet den einseitigen Wahrscheinlichkeitsindex für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar auf Basis der oberen Spezifikationsgrenze und optionaler Verwendung der USL in der einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskCpkUpper(A10)*** gibt den einseitigen Wahrscheinlichkeitsindex für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar auf Basis der oberen Spezifikationsgrenze. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskCpkUpper(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt den einseitigen Prozesswahrscheinlichkeitsindex für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskDPM

Beschreibung	***RiskDPM***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Defektteile pro Million für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. unter optionaler Verwendung der LSL und USL in der einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskDPM(A10)*** gibt die Defektteile pro Million für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskDPM(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt die Defektteile pro Million für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100 und einer USL von 120.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskK

Beschreibung	***RiskK***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet ein Maß der Prozessmitte für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. unter optionaler Verwendung der LSL und USL in der einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskK(A10)*** gibt ein Maß der Prozessmitte für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskK(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt ein Maß der Prozessmitte für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100 und einer USL von 120.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskLowerXBound

Beschreibung	***RiskLowerXBound***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) gibt den unteren x-Wert für eine angegebene Anzahl von standardmäßigen Mittelwertabweichungen für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. zurück, und zwar unter optionaler Verwendung der Anzahl von Standardabweichungen in der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskLowerXBound****(A10)* gibt den unteren x-Wert für eine angegebene Anzahl von standardmäßigen Mittelwertabweichungen für Zelle A10 zurück. ***RiskLowerXBound(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt den unteren x-Wert für -6 standardmäßige Mittelwertabweichungen für Zelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung von 6 Standardabweichungen.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskPNC

Beschreibung	***RiskPNC(****Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL;USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen))* berechnet die Gesamtdefektwahrscheinlichkeit außerhalb der unteren und oberen Spezifikationsgrenze für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der LSL, USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskPNC(A10)*** gibt die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der unteren und oberen Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskPNC(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der unteren und oberen Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100, einer USL von 120 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskPNCLower

Beschreibung	***RiskPNCLower***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der unteren Spezifikationsgrenze für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter Verwendung der LSL, USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskPNCLower(A10)*** gibt die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der unteren Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskPNCLower(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der unteren Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100, einer USL von 120 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskPNCUpper

Beschreibung	***RiskPNCUpper***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der oberen Spezifikationsgrenze für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der LSL, USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskPNCUpper(A10)*** gibt die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der oberen Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskPNCUpper(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt die Defektwahrscheinlichkeit außerhalb der oberen Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100, einer USL von 120 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskPPMLower

Beschreibung	***RiskPPMLower***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Anzahl der Defekte unterhalb der unteren Spezifikationsgrenze für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der LSL, USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskPPMLower(A10)*** gibt die Anzahl der Defekte unterhalb der unteren Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskPPMLower(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt die Anzahl der Defekte unterhalb der unteren Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskPPMUpper

Beschreibung	***RiskPPMUpper***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Anzahl der Defekte oberhalb der oberen Spezifikationsgrenze für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskPPMUpper(A10)*** gibt die Anzahl der Defekte oberhalb der oberen Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskPPMUpper(A10;;RiskSixSigma(120;120;110;1,5;6))*** gibt die Anzahl der Defekte oberhalb der oberen Spezifikationsgrenze für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer USL von 120 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskSigmaLevel

Beschreibung	***RiskSigmaLevel***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet die Sigma-Prozessebene für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der LSL, USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma.* (Hinweis: In dieser Funktion wird davon ausgegangen, dass die Ausgabe normal verteilt ist und sich in der Mitte der Spezifikationsgrenzen befindet.)
Beispiele	***RiskSigmaLevel(A10)*** gibt die Sigma-Prozessebene für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskSigmaLevel(A10;;RiskSixSigma(120;100;110;1,5;6))*** gibt die Sigma-Prozessebene für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer USL von 120, einer LSL von 100 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskUpperXBound

Beschreibung	***RiskUpperXBound***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) gibt den oberen x-Wert für eine angegebene Anzahl von standardmäßigen Mittelwertabweichungen für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*. zurück, und zwar unter optionaler Verwendung der Anzahl von Standardabweichungen in der Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskUpperXBound****(A10)* gibt den oberen x-Wert für eine angegebene Anzahl von standardmäßigen Mittelwertabweichungen für Zelle A10 zurück. ***RiskUpperXBound(A10;; RiskSixSigma(100; 120; 110; 1,5; 6))*** gibt den oberen x-Wert für -6 standardmäßige Mittelwertabweichungen für Zelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung von 6 Standardabweichungen.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskYV

Beschreibung	***RiskYV****(Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet den nicht beschädigten Ertrag oder Prozentsatz des Prozesses für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der LSL, USL und Langfristverschiebung in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskYV(A10)*** gibt den nicht beschädigten Ertrag oder Prozentsatz des Prozesses für die Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskYV(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt den nicht beschädigten Ertrag oder Prozentsatz des Prozesses für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer LSL von 100, einer USL von 120 und einer Langfristverschiebung von 1,5.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskZlower

Beschreibung	***RiskZlower***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., wie viele Standardabweichungen die untere Spezifikationsgrenze vom Mittelwert entfernt ist, und zwar unter optionaler Verwendung der LSL in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskZlower(A10)*** gibt für Ausgabezelle A10 zurück, wie viele Standardabweichungen die untere Spezifikationsgrenze vom Mittelwert entfernt ist. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. **RiskZlower(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))** gibt unter Verwendung einer LSL von 100 für Ausgabezelle A10 zurück, wie viele Standardabweichungen die untere Spezifikationsgrenze vom Mittelwert entfernt ist.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

RiskZMin

Beschreibung	***RiskZMin(****Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL;USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen))* berechnet das Minimum für unteres und oberes Z für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., und zwar unter optionaler Verwendung der USL und LSL in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskZMin(A10)*** gibt das Minimum für unteres und oberes Z für Ausgabezelle A10 zurück. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskZMin(A10;;RiskSixSigma(100;120;110;1,5;6))*** gibt das Minimum für unteres und oberes Z für die Ausgabezelle A10 zurück, und zwar unter Verwendung einer USL von 120 und einer LSL von 100.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

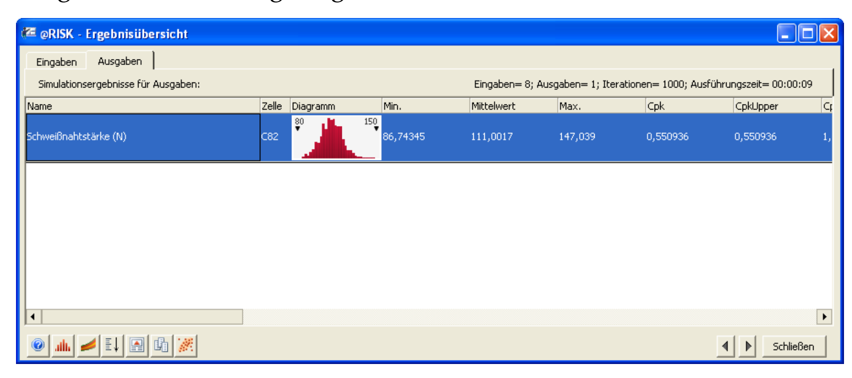
RiskZUpper

Beschreibung	***RiskZUpper***(*Zellverw.* oder *Ausgabename; Sim.Nr.; RiskSixSigma(LSL; USL; Ziel; Langfristverschiebung; Anzahl der Standardabweichungen*)) berechnet für *Zellverw*. oder *Ausgabename* in *Sim.Nr*., wie viele Standardabweichungen die obere Spezifikationsgrenze vom Mittelwert entfernt ist, und zwar unter optionaler Verwendung der USL in der mit einbezogenen Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*.
Beispiele	***RiskZUpper(A10)*** gibt für Ausgabezelle A10 zurück, wie viele Standardabweichungen die obere Spezifikationsgrenze vom Mittelwert entfernt ist. In Zelle A10 muss in die Funktion *RiskOutput* eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben werden. ***RiskZUpper(A10;;RiskSixSigma(120;120;110;1,5;6))*** gibt unter Verwendung einer USL von 120 für Ausgabezelle A10 zurück, wie viele Standardabweichungen die obere Spezifikationsgrenze vom Mittelwert entfernt ist.
Richtlinien	Für *Zellverw.* oder *Ausgabename* muss eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion eingegeben oder mit einbezogen werden.

Six Sigma und das Ergebnisübersichtsfenster

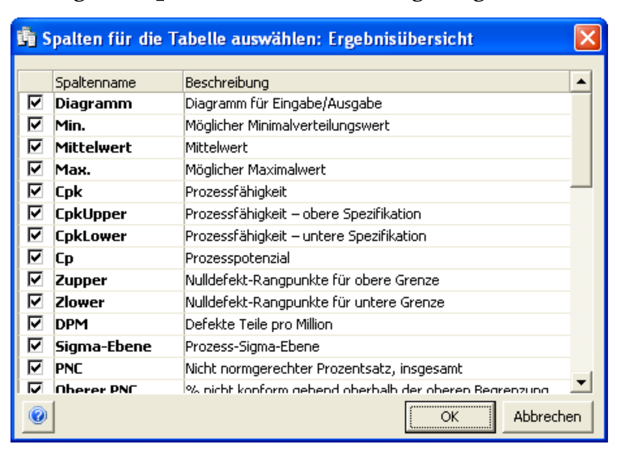
Das Fenster **@RISK – Ergebnisübersicht** gibt Ihnen einen Überblick über die Ergebnisse im Modell; auch werden Mini-Diagramme und eine Übersichtsstatistik über die simulierten Ausgabezellen und die Eingabeverteilungen angezeigt.

Wenn @RISK in einer Ausgabe eine *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion erkennt, werden automatisch die verfügbaren Six Sigma-Statistiken über die Simulationsergebnisse für die Ausgabe in der Tabelle angezeigt. Diese Spalten können je nach Wunsch ausgeblendet oder angezeigt werden.

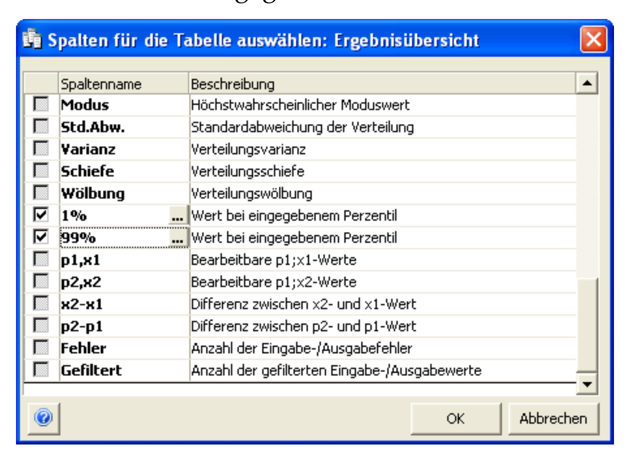


Anpassung der angezeigten Statistik

Die Spalten im Fenster **Ergebnisübersicht** können angepasst werden, je nachdem, welche Statistiken über die Ergebnisse angezeigt werden sollen. Über das unten im Fenster zu sehende Symbol für **Spalten** kann das Dialogfeld **Spalten für Tabelle** angezeigt werden.

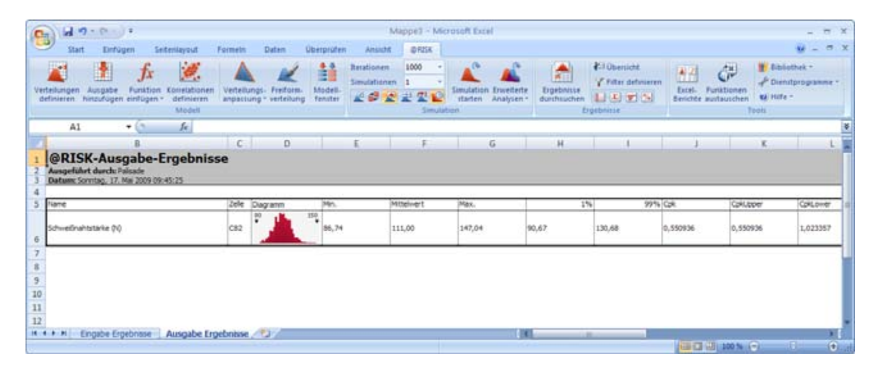


Wenn Perzentilwerte in der Tabelle angezeigt werden sollen, muss der aktuelle Perzentilwert in den beiden Zeilen **Wert des eingegebenen Perzentils** angegeben werden.



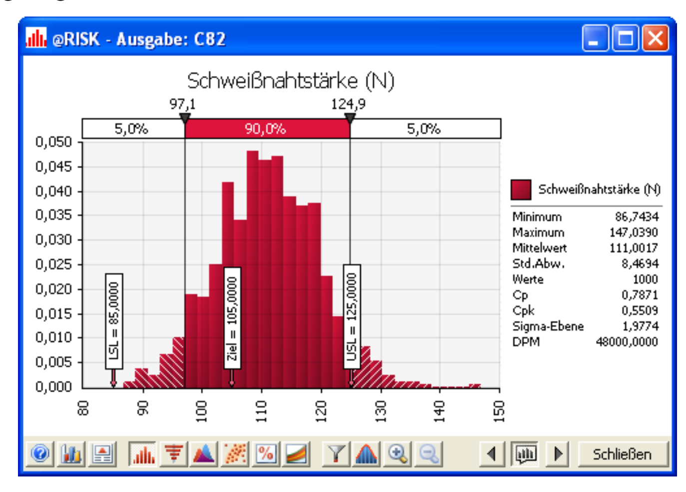
Erstellung eines Excel-Berichts

Das Fenster **Ergebnisübersicht** kann an Excel exportiert werden, um einen Bericht zu erhalten, der die angezeigten Statistiken und Diagramme enthält. Klicken Sie zu diesem Zweck unten im Fenster auf das Symbol für **Kopieren/Berichten** und wählen Sie dann **Bericht in Excel**.

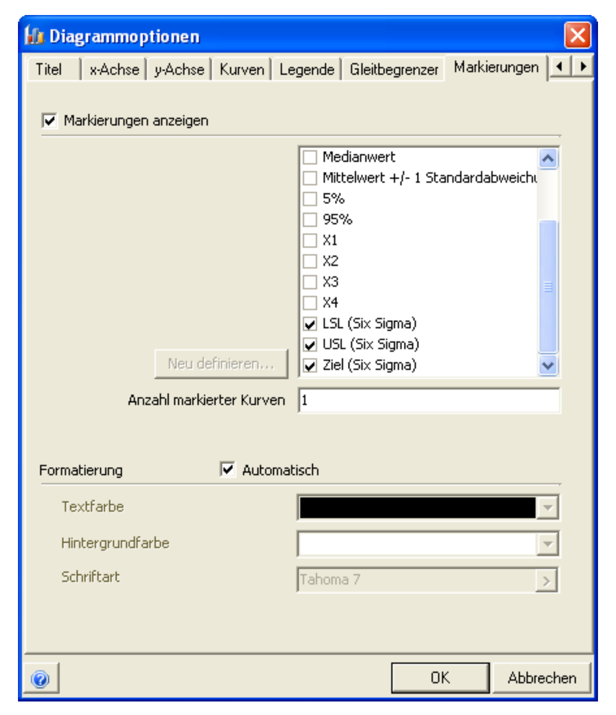


Six Sigma-Markierungen auf Diagramme

Wenn @RISK erkennt, dass es sich bei einer *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktion um eine Ausgabe handelt, werden den ausgegebenen Diagrammen und Simulationsergebnissen automatisch Markierungen für die eingegebenen LSL-, USL- und Zielwerte hinzugefügt.



Falls gewünscht, können diese Markierungen entfernt werden, und zwar über die Registerkarte **Markierungen** im Dialogfeld **Diagrammoptionen**. Auch können noch weitere Markierungen hinzugefügt werden. Um das Dialogfeld **Diagrammoptionen** anzuzeigen, müssen Sie mit der rechten Maustaste auf das Diagramm klicken oder aber einfach das Symbol für **Diagrammoptionen** anklicken (das ist das zweite Symbol von links ganz unten im Diagrammfenster).



Fallstudien

Beispiel 1 – Planung von Experimenten: Katapult 43

Beispiel 2 – Planung von Experimenten: Schweißen.................... 49

Beispiel 3 – Planung von Experimenten mit Optimierung........... 55

Beispiel 4 – DFSS: Schaltkreisentwurf 63

Beispiel 5 – Lean Six Sigma: Analyse des aktuellen Zustands – Preisangebotsprozess... 67

Beispiel 6 – DMAIC: Durchsatzertragsanalyse 77

Beispiel 7 – Six Sigma DMAIC-Ausfallrate 83

Beispiel 8 – Six Sigma DMAIC-Ausfallrate unter Verwendung von *RiskTheo*.. 87

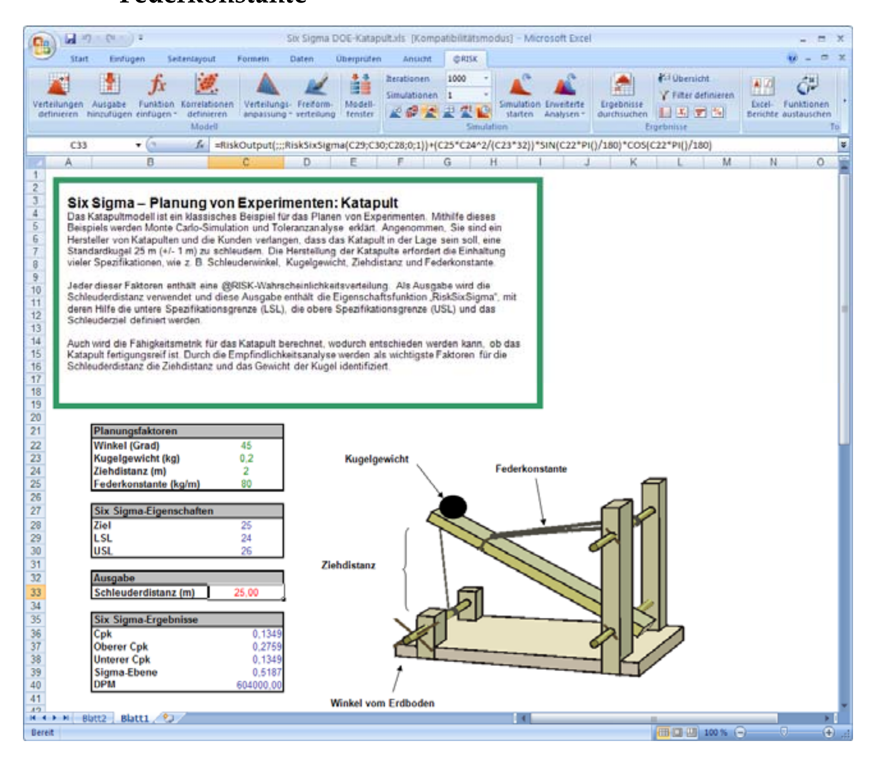
Beispiel 1 – Planung von Experimenten: Katapult

Beispielmodell: Six Sigma DOE-Katapult.xls

Das Katapultmodell ist ein klassisches Beispiel für das Planen von Experimenten. Mithilfe dieses Beispiels werden Monte Carlo-Simulation und Toleranzanalyse erklärt.

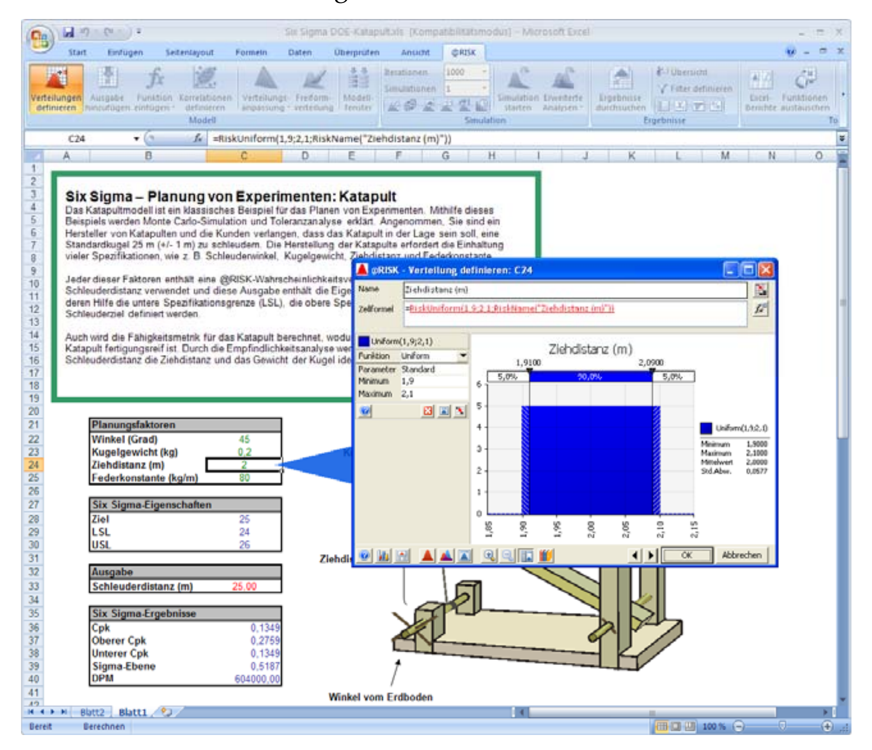
Angenommen, Sie sind ein Hersteller von Katapulten und die Kunden verlangen, dass das Katapult in der Lage sein muss, eine Standardkugel 25 m (+/- 1 m) zu schleudern. Um diese Katapulte anzufertigen, müssen viele Planungsspezifikationen berücksichtigt werden, z. B.:

- **Schleuderwinkel**
- **Kugelgewicht**
- **Ziehdistanz**
- **Federkonstante**



Eingabe einer Verteilung

Alle diese Planungsfaktoren enthalten eine @RISK-Wahrscheinlichkeitsverteilung, um die verschiedenen Werte darzustellen, die die einzelnen Faktoren möglicherweise annehmen könnten. @RISK-Wahrscheinlichkeitsfunktionen können direkt als Formel eingegeben werden, und zwar über den Befehl **Funktion einfügen.** Es kann aber auch das Symbol für **Verteilung definieren** in der @RISK-Symbolleiste zu diesem Zweck verwendet werden. Durch eine Gleichverteilung (Uniform) können beispielsweise die möglichen Werte für **Ziehdistanz** dargestellt werden.

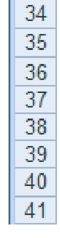


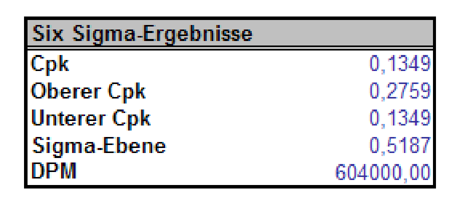
Eingabe von RiskSixSigma-Eigenschaften

Als Ausgabe wird die **Schleuderdistanz** verwendet und diese Ausgabe enthält die Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma*, mit deren Hilfe die untere Spezifikationsgrenze (LSL), die obere Spezifikationsgrenze (USL) und das Schleuderziel definiert werden. Im Gegensatz zu Eingaben kann eine @RISK-Ausgabe direkt in die Formelleiste eingegeben werden oder auch über ein Dialogfeld definiert werden, und zwar unter Verwendung der Schaltfläche **Ausgabe hinzufügen**, die in der @RISK-Symbolleiste zu finden ist.



Für das Katapult wird die Fähigkeitsmetrik, wie z. B. für Cpk, oberer Cpk, unterer Cpk, Sigma-Prozessebene und DPM, berechnet, wodurch Sie dann feststellen können, ob mit der Produktion des Katapults begonnen werden kann.

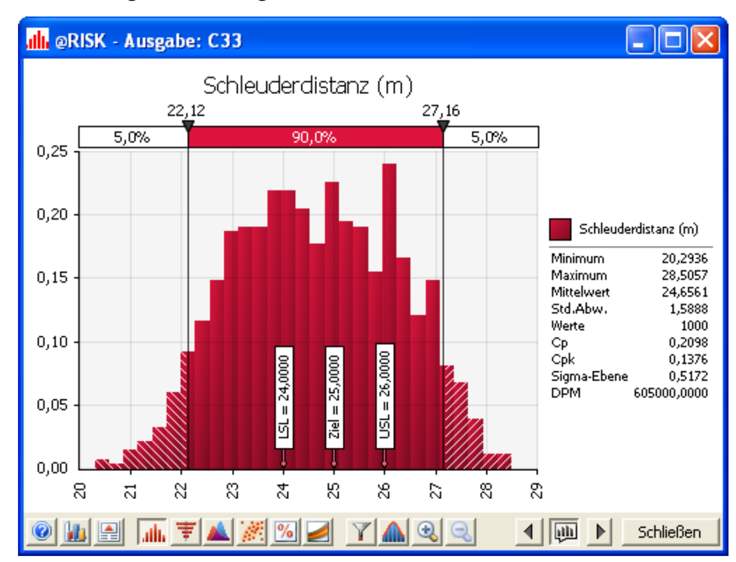




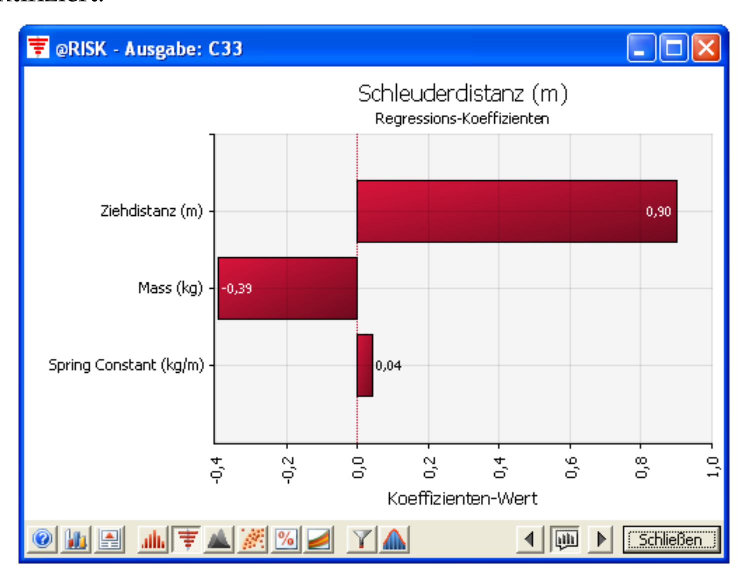
Six Sigma-Ergebnisse	
Cpk	0,1349
Oberer Cpk	0,2759
Unterer Cpk	0,1349
Sigma-Ebene	0,5187
DPM	604000,00

Grafische Darstellung der Ergebnisse

Die sich daraus ergebende Verteilung der Schleuderdistanz zeigt, dass diese Distanz bei den Simulationen zu ca. 60% außerhalb der Spezifikationsgrenzen liegt.



Durch die Empfindlichkeitsanalyse werden als wichtigste Faktoren für die Schleuderdistanz die Ziehdistanz und das Gewicht der Kugel identifiziert.



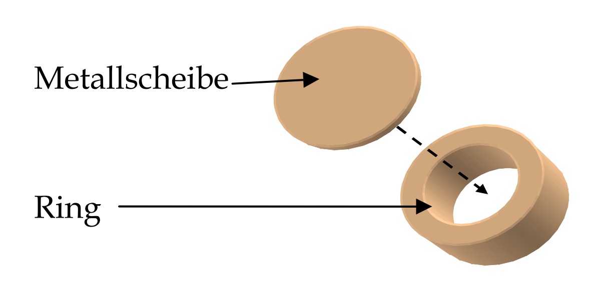
Durch dieses Modell kann die **Taguchi-Theorie oder Robustheitsparameterplanung** besser verstanden werden. Bei der Taguchi-Theorie wird davon ausgegangen, dass ein System durch zwei Variablentypen definiert wird, nämlich durch die Variablen, die sich auf die Prozessvariation auswirken, und durch die Variablen, bei denen das nicht der Fall ist. Taguchi-Planung bedeutet, dass die Variablen der ersten Art so eingestellt werden, dass sie sich so wenig wie möglich auf die gesamte Prozessvariation auswirken. Mit anderen Worten, Variablen, die sich nicht auf die Prozessvariation auswirken, werden möglichst dazu verwendet, den Prozess zu steuern bzw. entsprechend anzupassen.

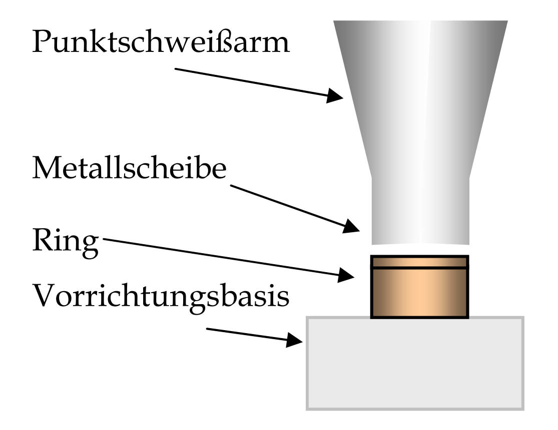
Im Katapult-Modell können verschiedene Planungsparameter, wie z. B. **Ziehdistanz** und **Kugelgewicht**, so eingestellt werden, dass die Variation in der Ausgabe **Schleuderdistanz** so gering wie möglich gehalten wird. In Anbetracht der Tatsache, dass die Schleuderdistanz bei den Simulationen in 60% der Fälle außerhalb der Spezifikationsbegrenzung (24 – 26 m) liegt, lässt sich hier noch manches besser einstellen.

Beispiel 2 – Planung von Experimenten: Schweißen

Beispielmodell: Six Sigma DOE.xls

Angenommen, Sie analysieren eine Berstscheibe, bei der es sich um eine auf einen Ring geschweißte Metallscheibe handelt (siehe unten). Diese Berstscheibe dient als Dichtung und Sicherheitsvorrichtung. Sie muss in der Lage sein, dem Normaldruck standzuhalten, muss sich jedoch ablösen, sobald der Innendruck die Sicherheitsgrenze überschreitet.





Durch das Modell wird die Schweißnahtstärke mit den Prozess- und Planungsfaktoren in Beziehung gebracht. Auch wird die Veränderung der einzelnen Faktoren modelliert und die Produktleistung in Bezug auf die technischen Spezifikationen prognostiziert. Die Reaktion auf mehrere Faktoren kann oft durch Erstellung einer statistisch bedeutungsvollen Funktion modelliert werden, und zwar auf Basis eines Versuchsmodells oder mehrerer Regressionsanalysen.

Planungsfaktoren

Scheiben-
dicke

Ringwand-
dicke

Armlänge

Experimentelle
Planungs-Matrix

Prozessfaktoren

Schweißnahtstärke
Schweißdauer
Auslösepunkt
Amplitude
Häufigkeit

Übertragungsfunktion

Reaktion(en)

In diesem Beispiel wird durch @RISK die Veränderung simuliert, und zwar mithilfe der Normalverteilungen für die einzelnen Faktoren. @RISK-Verteilungen unterstützen Zellverweise, sodass mühelos ein Tabellenmodell erstellt und dieses dann während der Produkt- oder Prozessentwicklungsfolge laufend aktualisiert werden kann.

Folgende unbestimmte Faktoren sind zu beachten:

Planungsvariablen

- Scheibendicke
- Armwanddicke
- Armlänge

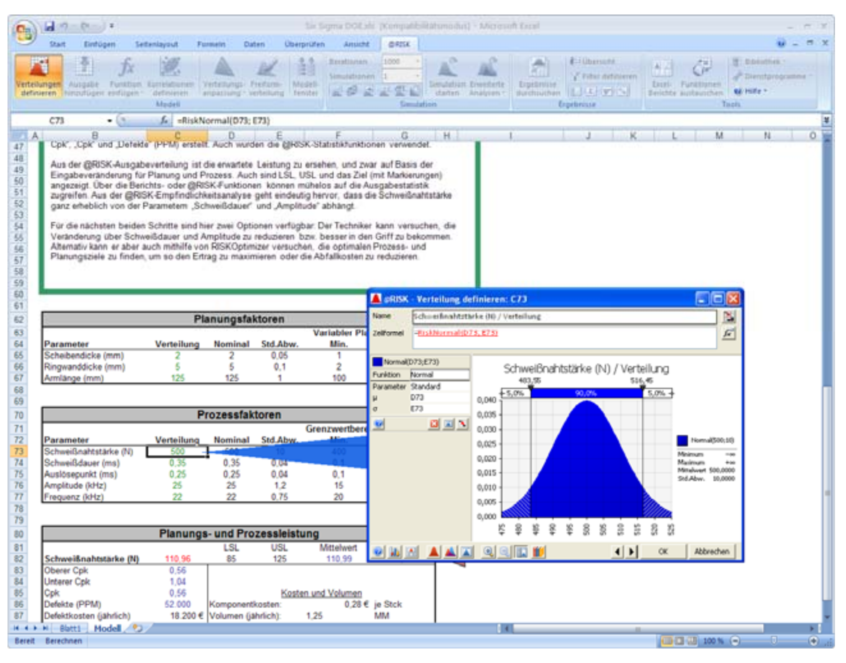
Prozessvariablen

- Schweißnahtstärke
- Schweißdauer
- Auslösepunkt
- Amplitude
- Häufigkeit

Hinzufügung von Verteilungen

Um den einzelnen Faktoren eine Verteilung hinzuzufügen, brauchen Sie nur in der @RISK-Symbolleiste auf das Symbol für **Verteilung definieren** klicken. Sie können dann eine Normalverteilung wählen und die betreffenden Parameter oder Zellverweise wie nachstehend gezeigt eingeben. Sie haben aber auch die Möglichkeit, für jede Eingabe die Formel direkt in die Excel-Formelleiste einzugeben. Die Zelle für **Schweißnahtstärke** enthält z. B. die Formel

=RiskNormal(D73;E73)

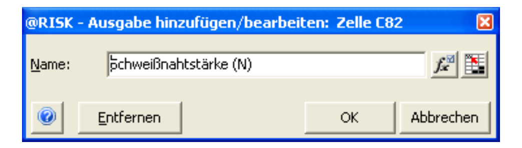


Die Six Sigma-Ausgabe

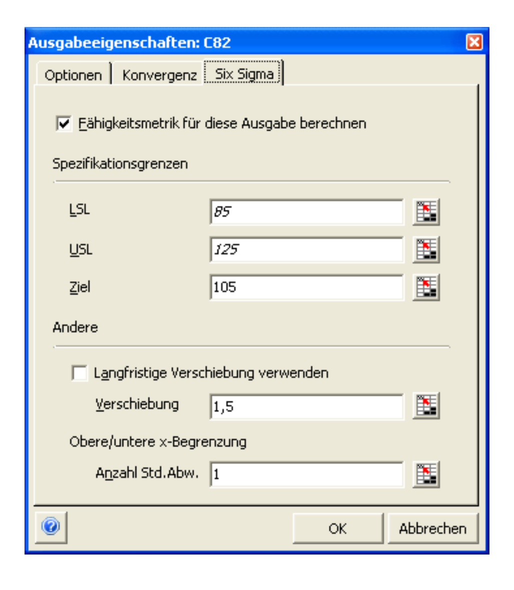
Bei der Ausgabe handelt es sich um die **Schweißnahtstärke** (N) im Abschnitt „Planungs- und Prozessleistung" und diese Ausgabe enthält *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktionen, einschließlich **untere Spezifikationsgrenze** (LSL), **obere Spezifikationsgrenze** (USL) und **Zielwert**. Genau wie bei den Eingabeverteilungen, können Sie hier die Ausgabeformel über das Dialogfeld **Ausgabe hinzufügen** direkt in die Ausgabezelle eingeben. Es würde sich dabei um folgende Formel handeln:

=RiskOutput("Schweißnahtstärke (N)";;; RiskSixSigma(D82;E82;105;0;1))+ [die mathematische Berechnung]

Nachstehend ist das Dialogfeld **Ausgabe hinzufügen/bearbeiten** zu sehen:

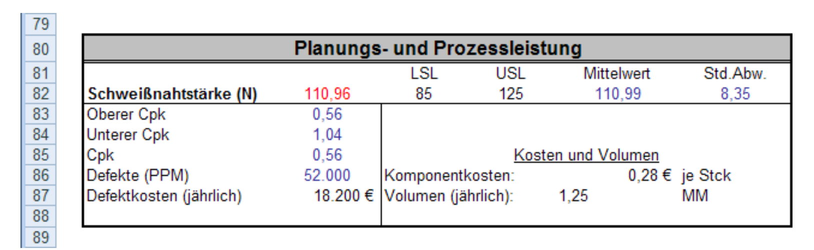


Durch Klicken auf **Eigenschaften (*fx*)** können Sie das Dialogfeld **Ausgabeeigenschaften** mit der Registerkarte **Six Sigma** anzeigen lassen. Auf dieser Registerkarte können Sie dann die LSL, die USL, den Zielwert und andere Six Sigma-Eigenschaften für die Ausgabe eingeben. Mithilfe dieser Funktionen wird die Six Sigma-Statistik berechnet.



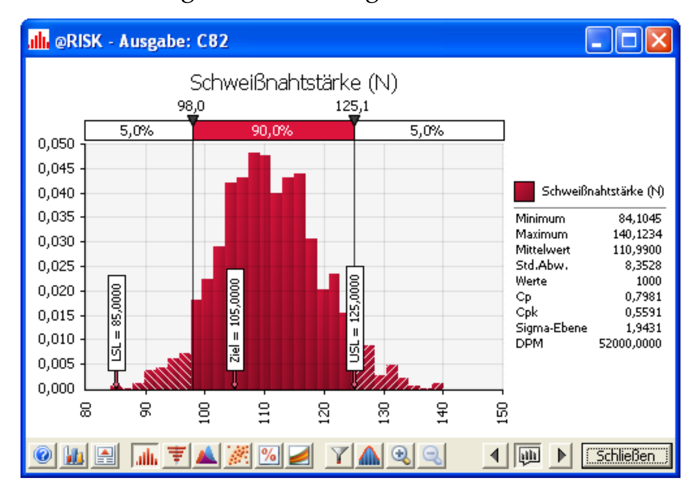
Simulations-ergebnisse

Nach Ausführung der Simulation ist die Six Sigma-Statistik zu sehen, die durch die @RISK-Six Sigma-Funktionen für oberen Cpk, unteren Cpk, Cpk und PPM-Defekte (DPMs) generiert wurde. Auch wurden standardmäßige @RISK-Statistikfunktionen (wie z. B. *RiskMean*) verwendet.

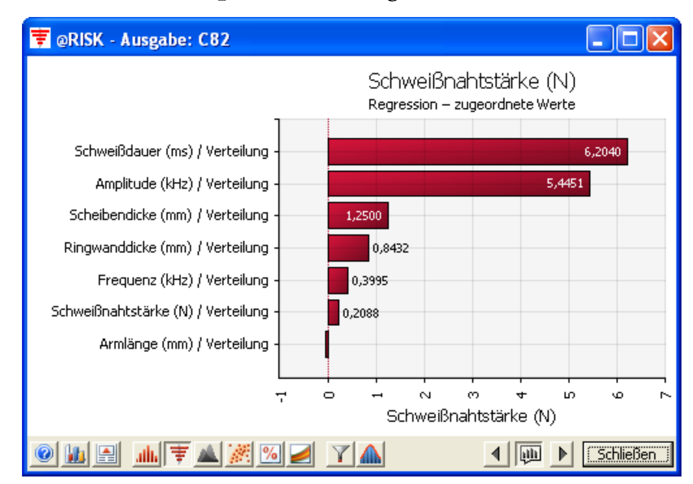


Planungs- und Prozessleistung						
		LSL	USL	Mittelwert	Std.Abw.	
Schweißnahtstärke (N)	110,96	85	125	110,99	8,35	
Oberer Cpk	0,56					
Unterer Cpk	1,04					
Cpk	0,56		Kosten und Volumen			
Defekte (PPM)	52.000	Komponentkosten:		0,28 €	je Stck	
Defektkosten (jährlich)	18.200 €	Volumen (jährlich):	1,25		MM	

Aus der @RISK-Ausgabeverteilung ist die erwartete Leistung zu ersehen, und zwar auf Basis der Eingabeveränderung für Planung und Prozess. Auch sind LSL-, USL- und Zielwert (mit Markierungen) angezeigt. Über die Berichts- oder @RISK-Funktionen können Sie mühelos auf die Ausgabestatistik zugreifen.



Aus der @RISK-Empfindlichkeitsanalyse geht eindeutig hervor, dass die Schweißnahtstärke ganz erheblich von der Parametern **Schweißdauer** und **Amplitude** abhängt.



Für die nächsten beiden Schritte sind hier zwei Optionen verfügbar: Der Techniker kann versuchen, die Veränderung über Schweißdauer und Amplitude zu reduzieren bzw. besser in den Griff zu bekommen. Alternativ kann er aber auch mithilfe von RISKOptimizer versuchen, die optimalen Prozess- und Planungsziele zu finden, um so den Ertrag zu maximieren oder die Abfallkosten zu reduzieren.

Beispiel 3 – Planung von Experimenten mit Optimierung

Beispielmodell: Six Sigma DOE-Opt.xls

Mithilfe dieses Modells kann die Verwendung von RISKOptimizer bei der experimentellen Planung demonstriert werden. Durch RISKOptimizer wird die Monte Carlo-Simulation mit der gentechnischen, auf Algorithmus basierten Optimierung kombiniert. Unter Verwendung dieser beiden Techniken ist RISKOptimizer ganz einzigartig dazu geeignet, komplexe Optimierungsprobleme zu lösen, bei denen unbestimmte Faktoren involviert sind.

RISKOptimizer gibt Ihnen die Möglichkeit, den Zielwert zu maximieren, zu minimieren oder genau einzustellen, und zwar für jede beliebige Ausgabe in Ihrem Modell. Durch RISKOptimizer werden viele verschiedene Kombinationen der von Ihnen angegebenen steuerbaren Eingaben ausprobiert, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Jede Kombination wird „Lösung" genannt und die gesamte Lösungsgruppe bezeichnet man als „Population". Der Ausdruck „Mutation" bezieht sich auf das wahllose Ausprobieren von neuen Lösungen, die keine Beziehung zu den vorhergehenden Proben haben. Sie können auch die Beschränkungen einstellen, die RISKOptimizer während der Optimierung einhalten soll.

Für die in Ihrem Modell vorhandenen unbestimmten, nicht steuerbaren Faktoren müssen Sie @RISK-Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen definieren. Für jede Eingaben-Probekombination wird durch RISKOptimizer auch eine Monte Carlo-Simulation ausgeführt, um aus den betreffenden @RISK-Funktionen die Werteproben zu erheben und die Ausgabe für die entsprechende Probe aufzuzeichnen. RISKOptimizer ist in der Lage, Tausende solcher Versuche oder Proben vorzunehmen, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Durch Berücksichtigung der Unbestimmtheit kann RISKOptimizer in der Tat viel genauer optimieren, als das bei standardmäßigen Optimierungsprogrammen der Fall ist.

Genau wie im vorhergehenden, geht es auch in diesem Beispiel um eine Berstscheibe, die aus einer auf einen Ring geschweißten Metallscheibe besteht. Diese Berstscheibe dient als Dichtung und Sicherheitsvorrichtung. Sie muss in der Lage sein, dem Normaldruck standzuhalten, muss sich jedoch ablösen, sobald der Innendruck die Sicherheitsgrenze überschreitet.

Das Modell bringt die Schweißnahtstärke in Beziehung mit den Prozess- und Planungsfaktoren. Auch wird die Veränderung der einzelnen Faktoren modelliert und die Produktleistung prognostiziert. RISKOptimizer wurde hier dazu verwendet, die optimale Kombination von Prozesseinstellungen und nominellen Planungswerten zu finden, aus denen sich dann die geringsten Abfallkosten ergeben, die im Modell **jährliche Defektkosten** genannt werden. Mit anderen Worten, es geht hier um das Maximieren des Ertrages.

RISKOptimizer hat in diesem Beispiel die Aufgabe, folgende Prozess- und Planungsvariablen entsprechend anzupassen:

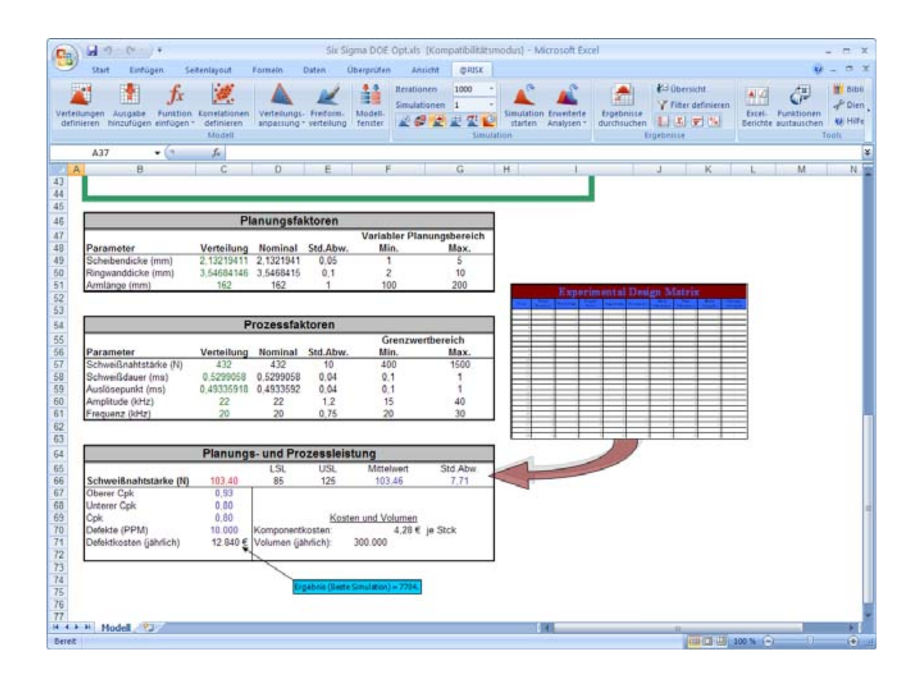
Planungsvariablen

- Scheibendicke
- Armwanddicke
- Armlänge

Prozessvariablen

- Schweißnahtstärke
- Schweißdauer
- Auslösepunkt
- Amplitude
- Häufigkeit

Alle diese Anpassungen haben den Zweck, die jährlichen Defektkosten so gering wie möglich zu halten.



RISKOptimizer-Symbolleiste

Nachstehend ist die RISKOptimizer-Symbolleiste abgebildet, die bei Verwendung von RISKOptimizer in Excel 2000 – 2003 zu sehen ist.

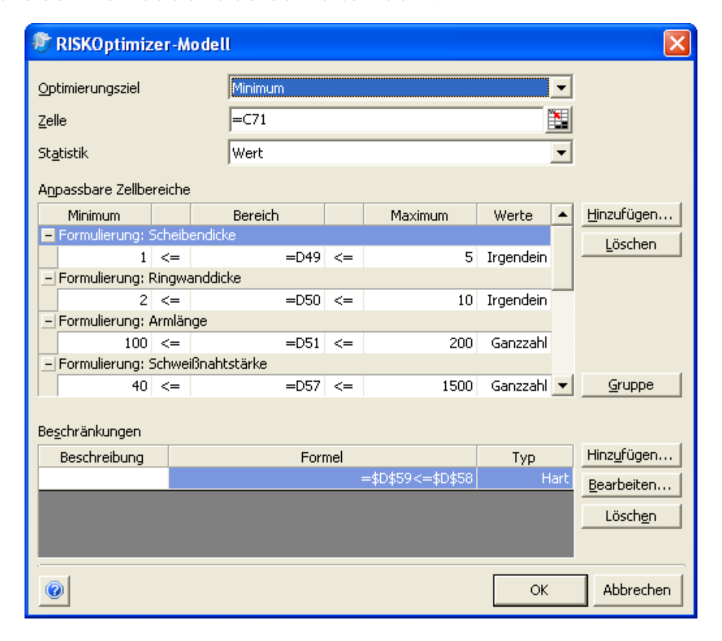


In Excel 2007 wird dagegen folgende RISKOptimizer-Symbolleiste angezeigt:



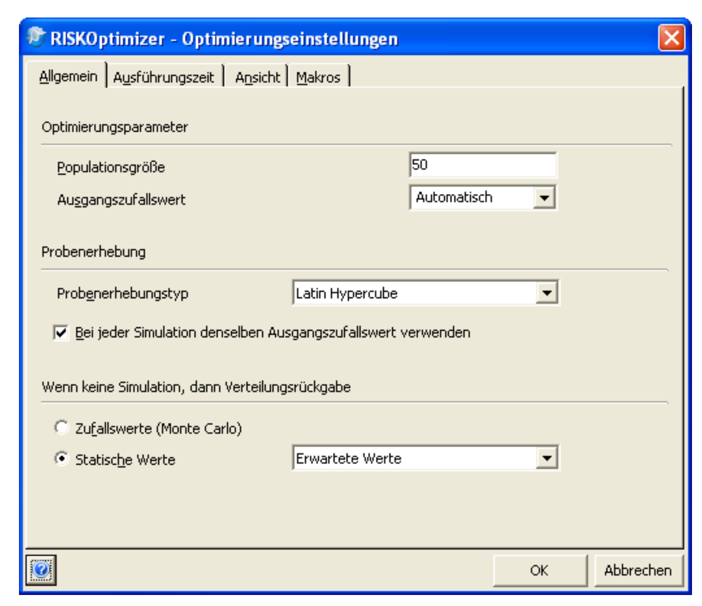
Das Optimierungsmodell

Durch Klicken auf das Symbol für **Modelldefinition** wird folgendes Dialogfeld eingeblendet, in dem Sie dann definieren können, welche Zellen angepasst, welche Ausgabe angezeigt und welche Beschränkungen verwendet werden sollen. Zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Eingaben und Ausgaben definieren wir auch eine Beschränkung, die besagt, dass der Auslösepunkt in keinem Fall die Schweißdauer überschreiten darf.



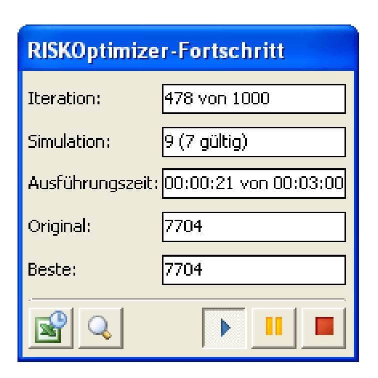
Optimierungs-einstellungen

Wenn Sie auf das Symbol für **Einstellungen** klicken, wird folgendes Dialogfeld eingeblendet, in dem Sie eine Reihe von Bedingungen darüber einstellen können, wie Optimierung und Simulationen ausgeführt werden sollen.

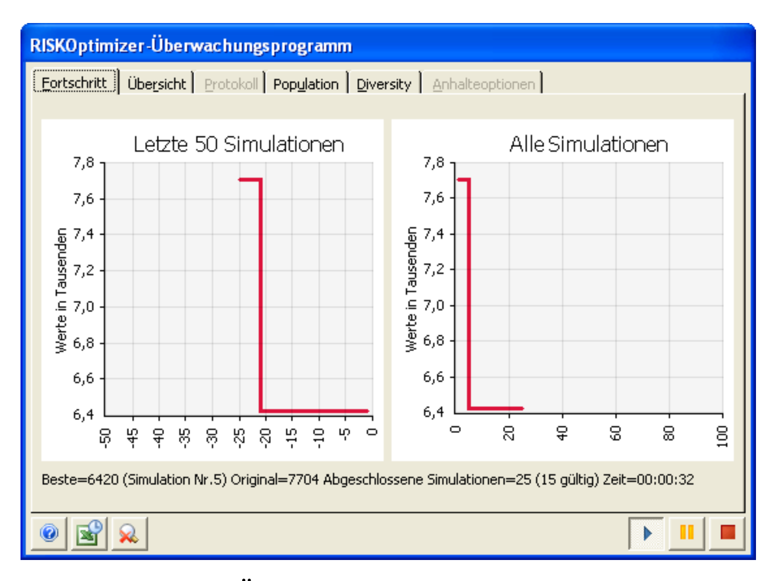


Ausführung der Optimierung

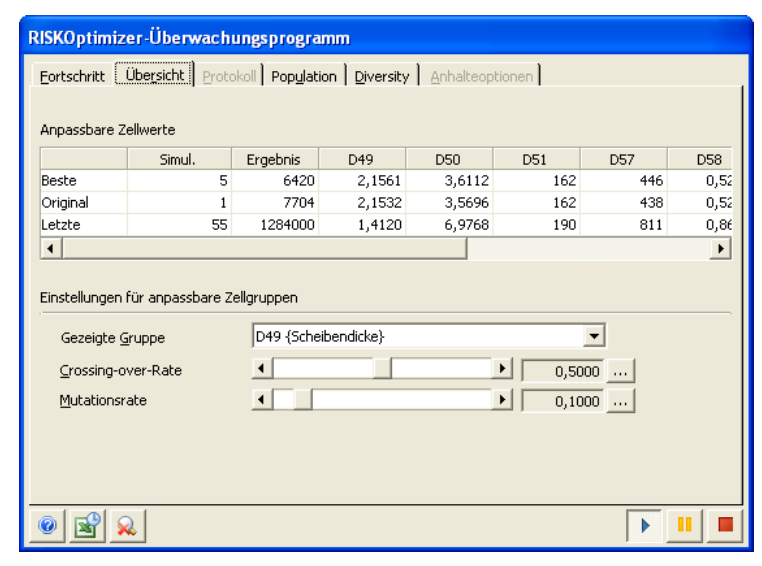
Sobald Sie auf **Optimierung starten** klicken, wird das Fenster **RISKOptimizer-Fortschritt** angezeigt, in dem ein Überblick über den Status der Analyse gegeben wird.



Über die Schaltfläche mit dem Vergrößerungsglas kann das Dialogfeld **RISKOptimizer-Überwachungsprogramm** geöffnet werden, in dem detailliertere Informationen über die Optimierung und Simulationen zu sehen sind, die derzeit gerade ausgeführt werden. Nachstehend ist ein Diagramm der ausgeführten Simulationen abgebildet, in dem die besten Werte zu sehen sind, die erzielt werden konnten.

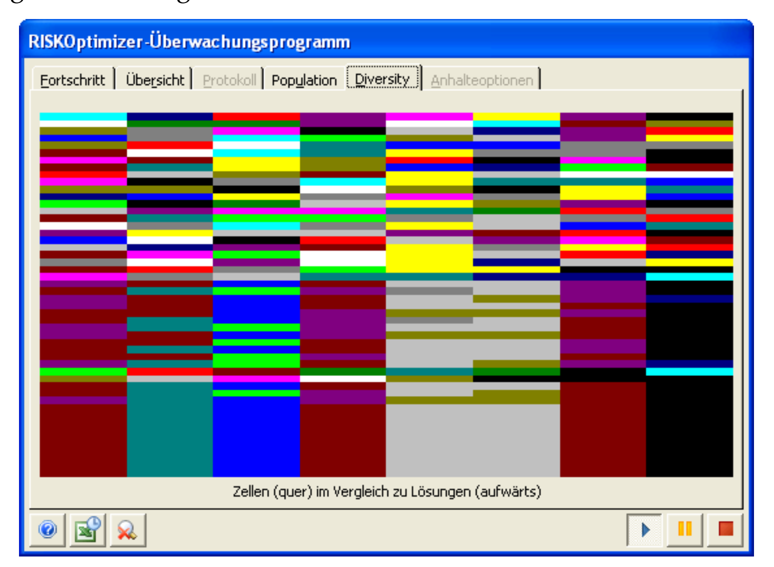


Auf der Registerkarte **Übersicht** werden der berechnete **beste**, **originale** und **letzte** Wert angezeigt sowie auch die Optimierungsparameter, wie z. B. **Cross-over**- und **Mutationsrate**.



	Simul.	Ergebnis	D49	D50	D51	D57	D58
Beste	5	6420	2,1561	3,6112	162	446	0,52
Original	1	7704	2,1532	3,5696	162	438	0,52
Letzte	55	1284000	1,4120	6,9768	190	811	0,86

Über die Registerkarte **Diversity** kann visuell die Berechnung der verschiedenen Zellen angezeigt werden Auch sind die vielen möglichen Lösungen zu sehen.



Nach Simulation und Optimierung hat RISKOptimizer auf rationelle Weise eine Lösung gefunden, durch die die jährlichen Defektkosten auf unter $ 8.000 gehalten werden.

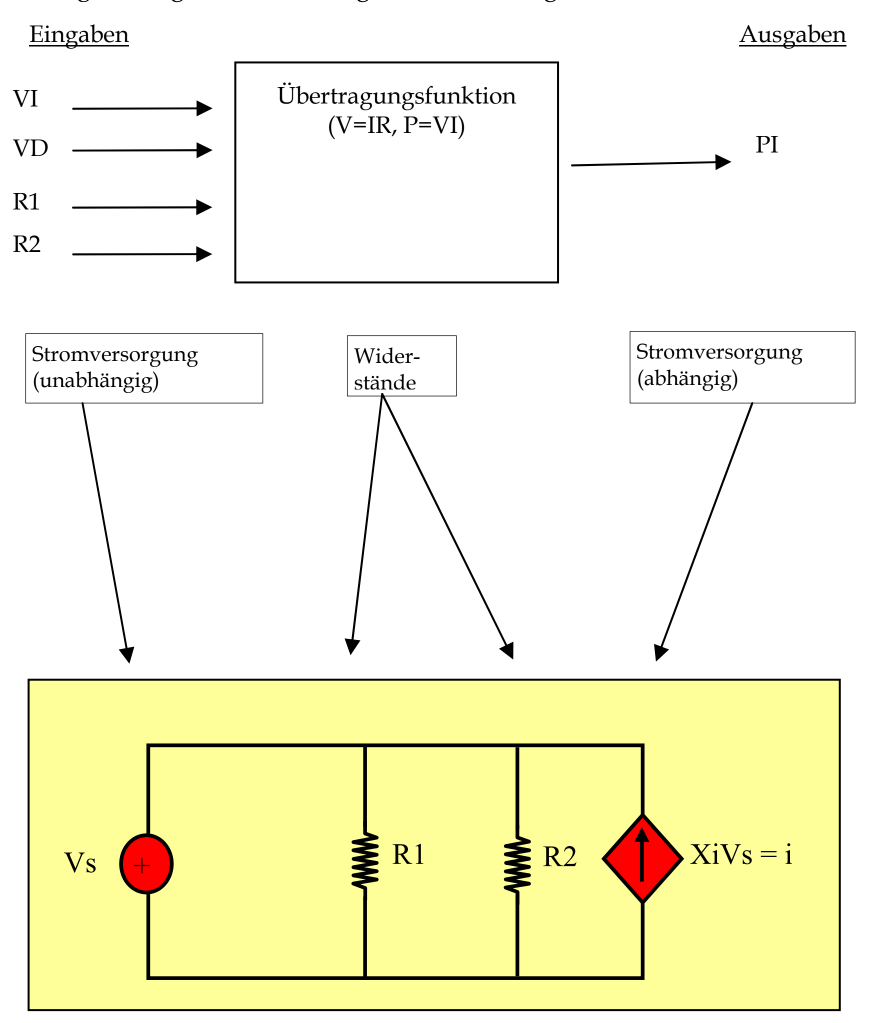
Mithilfe von RISKOptimizer können durch Einsparung von Zeit und Resssourcen die Qualität verbessert und die Kosten gesenkt werden. Die nächsten Schritte würden jetzt darin bestehen, Modell und optimierte Lösung durch Experimente noch einmal zu überprüfen.

Beispiel 4 – DFSS: Schaltkreisentwurf

Beispielmodell: Six Sigma-Schaltkreisentwurf.xls

Dieser einfache Gleichstromschaltkreis besteht aus zwei Spannungsquellen (d. h. aus einer unabhängigen und einer abhängigen Quelle) sowie zwei Widerständen. Die durch den Konstrukteur angegebene unabhängige Quelle hat einen Betriebsleistungsbereich von 5.550 W + 300 W. Falls diese Leistung überfordert wird, führt das zu einem defekten Schaltkreis. Die Ergebnisse des Entwurfs zeigen deutlich, dass dieser nicht funktionieren kann, da ein Prozentsatz der Schaltkreise sowohl am oberen als auch am unteren Ende der Begrenzungen fehlerhaft ist. Durch die PNC-Werte wird der Prozentsatz der nicht konform gehenden Einheiten identifiziert, die am oberen und unteren Ende der Spezifikation erwartet werden.

Die grundlegende Modelllogik sieht wie folgt aus:



Mithilfe des Modells wird die Standardabweichung für die einzelnen Komponenten berechnet, und zwar auf Basis von bekannten Informationen und folgenden Voraussetzungen innerhalb dieses Modells:

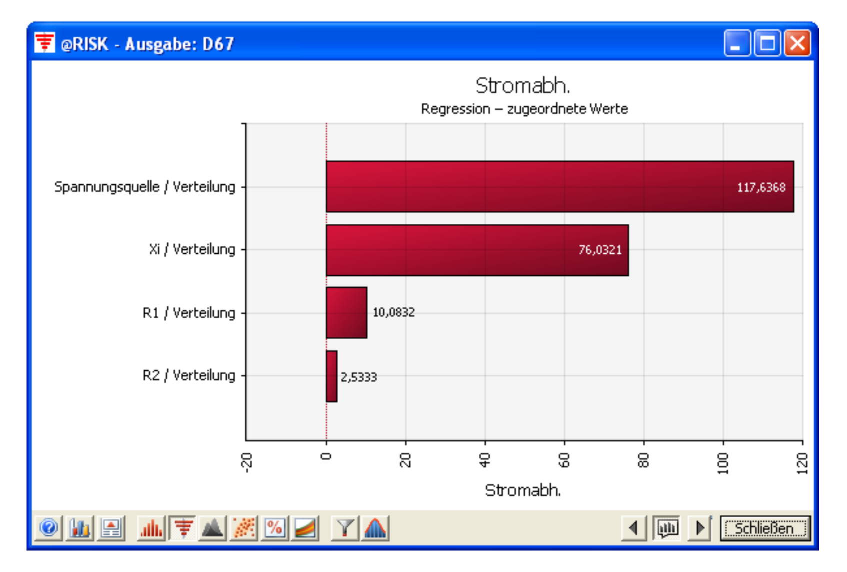
1) der mittlere Komponentenwert muss mittig der Toleranzbegrenzungen liegen

2) die Komponentenwerte müssen normal verteilt sein über @RISK kann die Wahrscheinlichkeitsverteilung einem Datensatz angepasst oder können nötigenfalls andere Arten von Wahrscheinlichkeitsverteilungen modelliert werden

Die Eigenschaftsfunktion *RiskSixSigma* in der Ausgabezelle **Stromabh.** definiert die obere und untere Begrenzung sowie das Ziel für die Berechnung von Six Sigma-Ergebnissen. Mithilfe der @RISK Six Sigma-Funktionen können unterer Cpk, oberer Cpk, Cpk, Cp, DPM sowie oberer PNC und unterer PNC berechnet werden.

Empfindlichkeitsanalyse

Durch die @RISK-Empfindlichkeitsanalyse werden die Eingabevariablen identifiziert, die für die Variationen in der Ausgabe verantwortlich sind. Aus der Empfindlichkeit geht hervor, dass hauptsächlich die beiden Spannungsquellen zum unterschiedlichen Stromverbrauch beitragen. Diese Informationen ermöglichen dem technischen Team, sich bei den Verbesserungsbemühungen besonders auf die Spannungsquellen (und nicht auf die Widerstände) zu konzentrieren.



Mit anderen Worten, mithilfe des Modells können verschiedene Komponenten und Toleranzen getestet, Leistungen und Erträge verglichen und somit die optimale Lösung zum Maximieren von Erträgen und Reduzieren von Kosten gefunden werden.

Beispiel 5 – Lean Six Sigma: Analyse des aktuellen Zustands – Preisangebotsprozess

Beispielmodell: Six Sigma-Preisangebotsprozess.xls

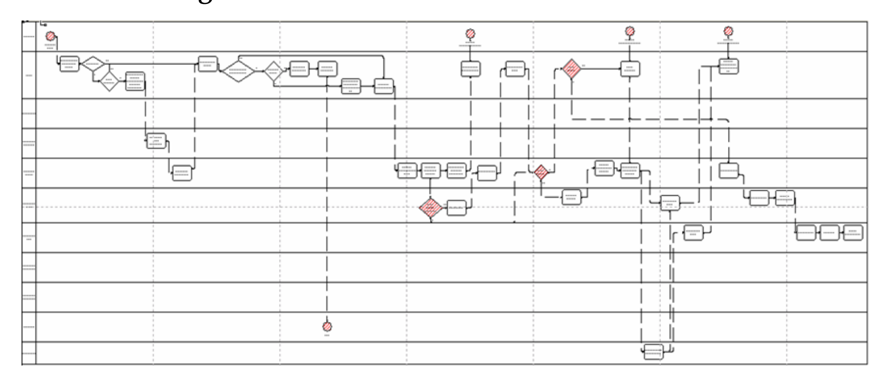
Ganz gleich, ob zur fortlaufenden Verbesserung die **Lea**n- oder **Six Sigma**-Methode verwendet wird, eine der Hauptanforderungen ist immer, den aktuellen Zustand des betreffenden Prozesses richtig zu verstehen. Dazu wird anfänglich entweder die Werteflussanalyse der **Lean**-Implementierung oder die Messwertdefinier-Phase des Six Sigma DMAIC-Prozesses verwendet. Die meisten Praktiker stellen den Prozess in einer oder mehreren Sitzungen zusammen und gehen dann nach flüchtiger Überprüfung dazu über, sofort Lösungen zu generieren. Es ist jedoch sehr vorteilhaft, sich die Zeit zum Modellieren des Prozesses zu nehmen. Auf diese Weise kann bestätigt werden, dass die dem Prozess zugrunde liegenden Daten und Annahmen auch korrekt sind. Dies ist besonders dann wichtig, wenn:

- der Prozess **unternehmenswichtig** ist und/oder
- viele Mitarbeiter nicht überzeugt davon sind, dass der Prozess überhaupt verbessert werden muss, und/oder
- die Kosten einer Prozessverbesserung sehr hoch sind und/oder
- die Ergebnisse dieser fortlaufenden Verbesserungsbemühungen vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt angezweifelt werden könnten und/oder
- der Prozess dem **Hawthorne-Effekt** unterliegt – d. h., je mehr wir den Prozess untersuchen, desto besser scheint er zu werden

Durch Simulation kann die anfängliche Analyse des aktuellen Zustands bestätigt und auch die wahre Situation dargestellt werden, der das Analyse-Team gegenüberstand. In jedem Bereich haben wir es mit drei oft sehr unterschiedlichen vermeintlichen Prozessen zu tun: dem scheinbar bestehenden Prozess, dem dokumentierten Prozess und dem Prozess, der tatsächlich täglich ausgeführt wird. Durch eine sorgfältig gestaltete @RISK-Simulation kann der aktuelle Prozess dokumentiert und die Auswirkung von später im fortlaufenden Verbesserungszyklus stattfindenden Verbesserungen modelliert werden. Auch kann dieses Modell rundheraus konstruiert werden.

Entwicklung des Modells und Erfassung der Daten

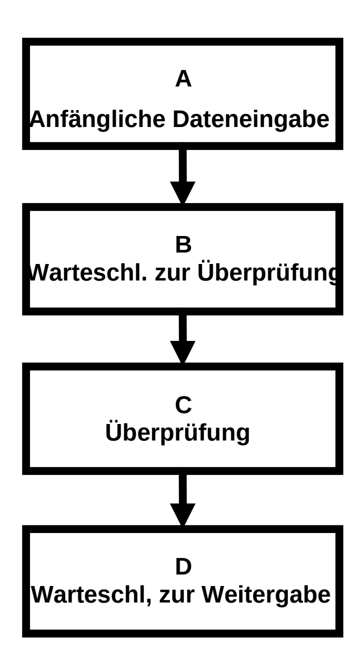
Dieses Beispiel konzentriert sich auf den Ablauf des internen Preisangebotsprozesses in einem Unternehmen und entspricht diesem Vorgang in einer wirklich vorhandenen Firma. Es gibt viele Tools, um diesen Prozess grafisch darzustellen. Wir verwenden hier das **Swimlane-Diagramm**.



Der gesamte Preisangebotsprozess bestand aus mehr als 36 Schritten, in denen zehn Mitarbeiter oder Abteilungen involviert waren. Oberflächliche Daten zeigten, dass es bis zu vier Wochen dauerte, um ein Preisangebot durchzuziehen, aber nötigenfalls konnte der Vorgang beschleunigt und das Angebot bereits in weniger als einer Woche abgegeben werden. Durch diese langwierige Angebotserstellung konnte die Firma oft nicht wirksam an lukrativen Eilausschreibungen für ihre Produkte und Dienstleistungen teilnehmen. Da der Prozess jedoch nötigenfalls in einem Viertel der Zeit durchgezogen werden konnte, nahm das Management an, dass evtl. das Personal und nicht der Prozess das Problem war. Das Analyse-Team benötigte daher ein Tool, um zu beweisen, dass tatsächlich der Prozess für die Verzögerungen verantwortlich war.

Nach Entwicklung des Diagramms stand das Team vor folgender Frage: Wie lange dauert es von Erhalt der Kundenanfrage bis zur Ausgabe des Preisangebotpakets an die technische Abteilung? Dies ist der erste Teil des Prozesses und bezog sich auf Daten, die verhältnismäßig leicht zu erfassen waren. Auch konnten die sich daraus ergebenden Resultate im gesamten Prozess angewendet werden.

Dieser Teil des Preisangebotsprozesses besteht aus vier Schritten. Zuerst wurden die Daten erfasst und eingegeben (Schritt A). Als Nächstes wurde das Angebot in die Warteschlange gestellt, um durch den Kundendienst überprüft zu werden (Schritt B). Hier konnte das Angebotsformular nötigenfalls berichtigt und konnten zusätzliche Daten eingegeben werden. Auch wurde dem Angebot zu diesem Zeitpunkt eine Angebotsnummer zugewiesen (Schritt C). Zum Schluss wurde das Angebotspaket in die Warteschlange zur technischen Abteilung gestellt, da diese Abteilung für die Abgabe des eigentlichen Angebots verantwortlich war (Schritt D).



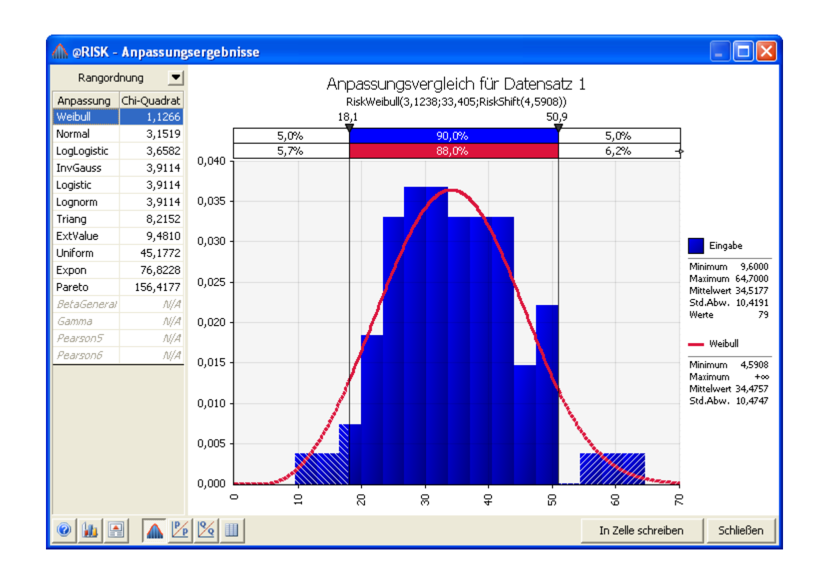
Das Team entwickelte einen einfachen Stundennachweis und erfasste die Zeit, die nötig war, um die Papiere von einem Bereich zum anderen zu senden. Auch wurde festgehalten, wie lange bei jedem Schritt an den Papieren gearbeitet wurde. Auf Basis dieser Daten führte das Team eine anfängliche Analyse der vier Schritte in diesem Teil des Prozesses aus.

Erstellung der Verteilungen und Definition der Ausgabe

Eine einfache Datenverteilung bedeutet in diesem Fall, dass die Daten nur einer Kurve folgen. Komplexe Verteilungen bestehen jedoch aus mehreren separaten Verteilungen und sind daher gewöhnlich schwieriger zu definieren. Die vom Team erfassten Daten gehören diesen beiden Datentypen an.

Die zu den Daten gehörendeVerteilung kann in @RISK über die Symbolleiste (Schaltfläche **Verteilungen anpassen**) eingeblendet werden. Die angepasste Verteilung kann dann als Verteilungsfunktion in die Kalkulationstabelle eingegeben werden. Sobald sich die Daten in Excel befinden, klicken Sie dann auf **Verteilungen anpassen**, woraufhin Sie dann die Anweisungen befolgen können. Die Daten werden dann durch @RISK analysiert. Ebenfalls wird überprüft, ob diese Daten auch zu den betreffenden Verteilungsfunktionen passen.

Das Ergebnis der @RISK-Verteilungsanpassung (Schritt C – Überprüfung) ist nachstehend dargestellt. Die sich daraus ergebende Verteilung wurde mithilfe der Schaltfläche **In Zelle schreiben** direkt in die Kalkulationstabellenzelle unterhalb der Überschrift **C-Überprüfung** eingegeben. (Das Team entschied sich für die Normalverteilung anstelle der etwas besser passenden Weibull-Verteilung, da der Unterschied zwischen den beiden Kurven bei einem kleinen Datensatz nicht erheblich ist.)


@RISK - Anpassungsergebnisse
Rangordnung
Anpassung
Chi-Quadrat
Weibull 1,1266
Normal 3,1519
LogLogistic 3,6582
InvGauss 3,9114
Logistic 3,9114
Lognorm 3,9114
Triang 8,2152
ExtValue 9,4810
Uniform 45,1772
Expon 76,8228
Pareto 156,4177
BetaGeneral N/A
Gamma N/A
Pearson5 N/A
Pearson6 N/A
Anpassungsvergleich für Datensatz 1
RiskWeibull(3,1238;33,405;RiskShift(4,5908))
18,1
50,9
5,0%
90,0%
5,0%
5,7%
88,0%
6,2%
Eingabe
Minimum 9,6000
Maximum 64,7000
Mittelwert 34,5177
Std.Abw. 10,4191
Werte 79
Weibull
Minimum 4,5908
Maximum +∞
Mittelwert 34,4757
Std.Abw. 10,4747
In Zelle schreiben
Schließen

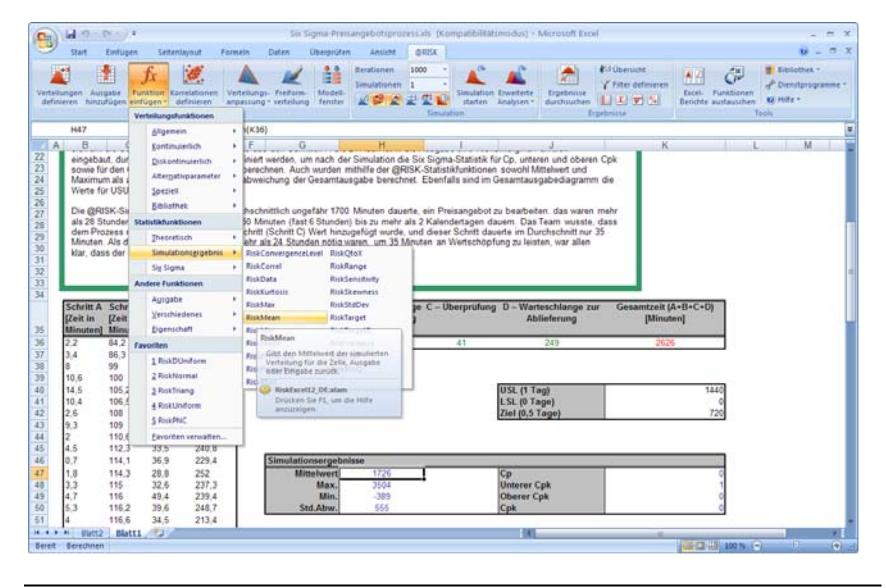
Das Team folgte dieser Methode bei allen Verteilungen und allen 4 Schritten. Zum Schluss wurde die Gesamtzeit (A+B+C+D) als @RISK-Ausgabe eingestellt und dann die Simulation ausgeführt.

Die Ergebnisse der Simulation waren sehr aufschlussreich. Für die Verarbeitung eines Preisangebots wurde im Durchschnitt eine Gesamtzeit von 1700 Minuten benötigt. Das ist mehr als ein ganzer Kalendertag. In der Tat konnte diese Verarbeitung gemäß Simulation von 350 Minuten (fast 6 Stunden) bis zu mehr als 2 Kalendertagen dauern.

Auch wurde dem Prozess während dieser Zeit praktisch nur durch den Überprüfungsschritt irgendein weiterer Wert hinzugefügt. Dieser Schritt dauerte von 6 bis 64 Minuten, mit einem Durchschnitt von 35 Minuten. All dieses wurde mit der betroffenen Abteilung besprochen und das Management (obwohl überrascht) hatte nichts an diesen Ergebnissen auszusetzen.

Statistik über Simulations-ergebnisse

@RISK ermöglichte dem Team außerdem, grundlegende Statistiken zu erstellen, die mit der Ausgabezelle interagieren. Das Team wollte beispielsweise der Kalkulationstabelle den Mittelwert, das Maximum, das Minimum und die Standardabweichungen der Ausgabezelle **Gesamtzeit** hinzufügen. Zu diesem Zweck wählte das Team im @RISK-Menü **Funktion einfügen** unter **Statistik** die Option **Simulationsergebnis**. Aus den sich dort befindlichen Einträgen wurde dann die Funktion **RiskMean** gewählt. Anschließend wurde die Ausgabezelle **Gesamtzeit** als Argument eingestellt. Bei jeder Ausführung der Simulation wird diese Zelle dadurch mit dem Mittelwert der Gesamtzeit aktualisiert.



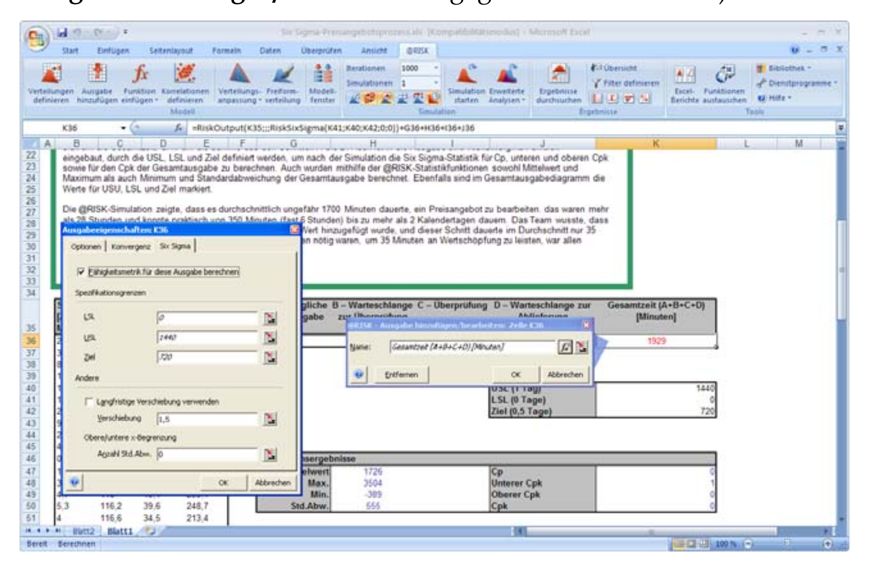
Das Team wiederholte diesen Vorgang auch für die Auswahl von **Maximum, Minimum** und **Standardabweichung**.

Eingabe von Six Sigma-Funktionen

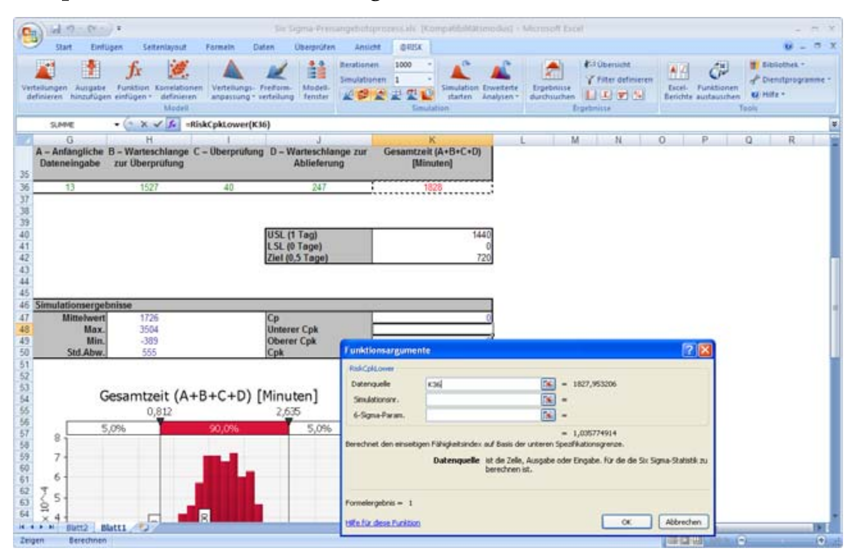
Als Nächstes fügte das Team mithilfe von @RISK Six Sigma-Funktionen die Cpk-Analyse für die Ausgabezelle hinzu. In die Ausgabezelle **Gesamtzeit** wurde die Funktion **RiskSixSigma** eingegeben, wodurch:

- die Ausgabenamen-Kopfzelle durch Zellverweis identifiziert wurde
- die **untere Spezifikationsgrenze** für das erwartete Ergebnis durch Zellverweis identifiziert wurde
- die **obere Spezifikationsgrenze** für das erwartete Ergebnis durch Zellverweis identifiziert wurde
- Der **Zielwert** für das erwartete Ergebnis durch Zellverweis identifiziert wurde

Die Funktion *RiskSixSigma* konnte mühelos über das Dialogfeld **Ausgabeeigenschaften** eingestellt werden (auf das durch Klicken auf das Symbol für **Funktionseigenschaften fx** im @RISK-Dialogfeld **Ausgabe hinzufügen/bearbeiten** zugegriffen werden kann).

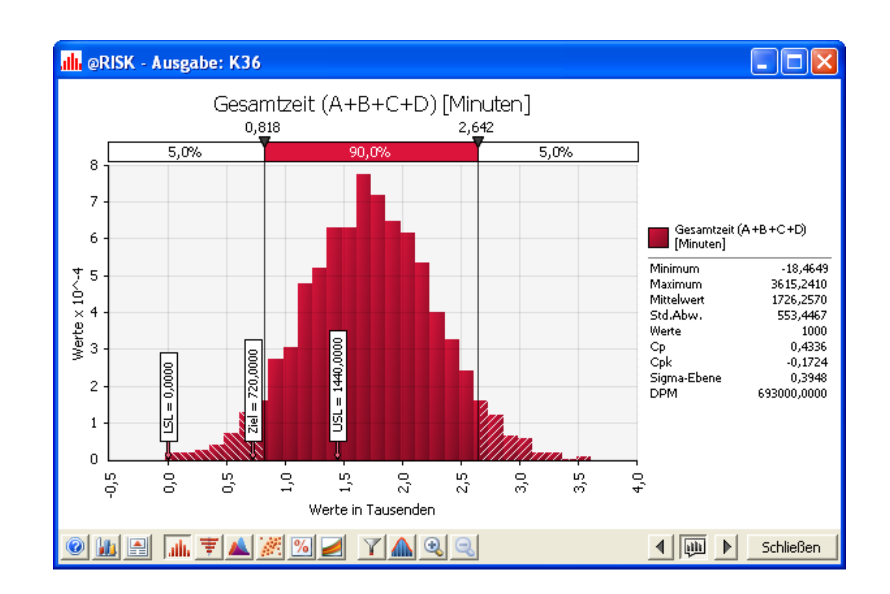


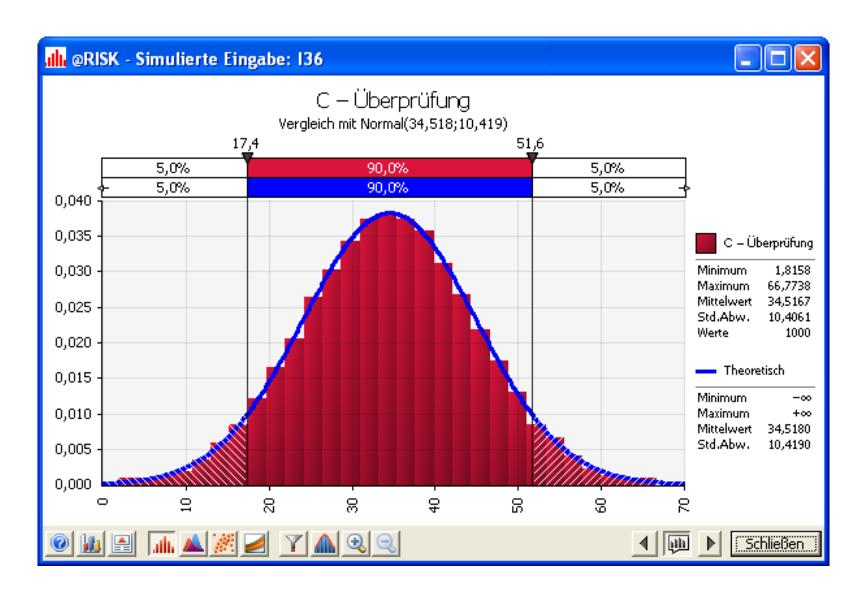
Nachdem die Ausgabe konfiguriert war, ging das Team daran, durch Simulation die @RISK Six Sigma-Funktionen **Cp, Oberer Cpk, Unterer Cpk** und **Cpk** zu berechnen. Zu diesem Zweck muss im @RISK-Menü **Funktion einfügen** aus **Six Sigma** unter **Statistik** die korrekte Funktion (z. B. *RiskCp*, *RiskCpkUpper* usw.) eingefügt werden. Diese Funktion kann aber auch direkt in die Formelleiste eingegeben werden. Für jede Simulation findet dann eine entsprechende Neuberechnung statt.



Grafische Darstellung der Simulationsausgabe

Das Management konnte durch die @RISK-Ergebnisdiagramme und Six Sigma-Markierungen direkt im Diagramm den LSL-, USL- und Zielwert sehen und war überrascht, dass es durchschnittlich mehr als einen ganzen Tag dauerte, um eine Arbeit von 35 Minuten zu erledigen. Nachstehend sind die Simulationsergebnisse für die **Gesamtzeit**-Ausgabe und für die aus der Eingabeverteilung **Schritt C – Überprüfung** erhobenen Werte zu sehen.


@RISK - Ausgabe: K36
Gesamtzeit (A+B+C+D) [Minuten]
0,818
2,642
5,0%
90,0%
5,0%
LSL = 0,0000
Ziel = 720,0000
USL = 1440,0000
Werte x 10^-4
Werte in Tausenden
Gesamtzeit (A+B+C+D) [Minuten]
Minimum -18,4649
Maximum 3615,2410
Mittelwert 1726,2570
Std.Abw. 553,4467
Werte 1000
Cp 0,4336
Cpk -0,1724
Sigma-Ebene 0,3948
DPM 693000,0000
Schließen


@RISK - Simulierte Eingabe: I36
C – Überprüfung
Vergleich mit Normal(34,518;10,419)
17,4
51,6
5,0%
90,0%
5,0%
C – Überprüfung
Minimum 1,8158
Maximum 66,7738
Mittelwert 34,5167
Std.Abw. 10,4061
Werte 1000
Theoretisch
Minimum −∞
Maximum +∞
Mittelwert 34,5180
Std.Abw. 10,4190
Schließen

Das Team konnte auf Basis der Simulation die tatsächlichen Abläufe dokumentieren und auch detaillieren, was passiert, wenn die Preisangebote nicht beschleunigt bearbeitet werden. Das Management konnte den Vorteil erkennen, der durch Verfolgung und Verbesserung des gesamten Prozesses erzielbar war. Dieses Überzeugtsein des Managements, und zwar gleich zu Anfang des Projekts, war in der Tat der Schlüssel zum langfristigen Erfolg des Projekts.

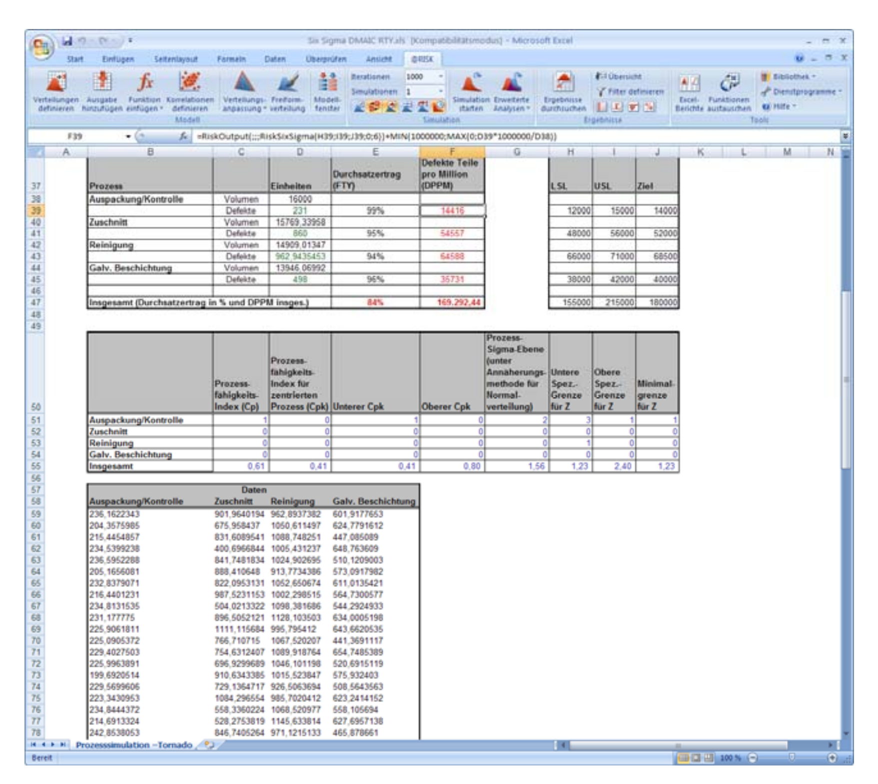
Auf Basis dieses anfänglichen Modells erstellte das Team dann ein vollständiges Modell für den gesamten Prozess. Durch dieses Modell war das Team in der Lage, die Verbesserungen für die verschiedenen Projektphasen zu modellieren und nachzuprüfen, dass diese Verbesserungen sich auch tatsächlich positiv auf das Projekt auswirkten. Um mithilfe von @RISK die anfängliche Simulation nebst Ergebnissen zu generieren, benötigte das Team nach Eingabe der Originaldaten in Excel nicht einmal eine ganze Stunde.

Beispiel 6 – DMAIC: Durchsatzertragsanalyse

Beispielmodell: Six Sigma DMAIC RTY.xls

DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control – Definieren, Messen, Analysieren, Verbessern, Kontrollieren) wird dazu verwendet, vorhandene Produkte oder Prozesse zu verbessern. Angenommen, ein Modeschmuckhersteller überzieht preisgünstiges Silber mit einer dünnen Goldschicht. Die Materialien und Komponenten dazu werden aus China importiert. Eine geringe Anzahl von Komponenten ist stets fehlerhaft, aber es ist nicht klar, wie viele Komponenten fehlerhaft sind und wie kostspielig dieser Schaden ist.

Der Modeschmuckhersteller hat Informationen über die Anzahl der Komponenten gesammelt, die fehlerhaft sind oder während des Fertigungsprozesses fehlerhaft werden. Oberflächlich betrachtet, scheinen die fehlerhaften Teile kein großes Problem darzustellen, da auf jeder Stufe des Fertigungsprozesses 99% der Komponenten fehlerfrei sind. Zusammengenommen stellen die fehlerhaften Teile jedoch einen Schaden von 15% bis 20% an Fertigprodukten dar, was bedeutet, dass pro Million gefertigter Einheiten 200.000 davon fehlerhaft sind. Wenn beispielsweise die Materialien $ 0,50 pro Einheit kosten, entspricht das einem Verlust von $ 100.000, bevor überhaupt Lohnkosten, Betriebsmittelzeit und andere Kosten hinzugerechnet werden.



=RiskOutput(;;;RiskSixSigma(H39;I39;J39;0;6))+MIN(1000000;MAX(0;D39*1000000/D38))

Prozess		Einheiten	Durchsatzertrag (FTY)	Defekte Teile pro Million (DPPM)	LSL	USL	Ziel
Auspackung/Kontrolle	Volumen	16000					
	Defekte	231	99%	14416	12000	15000	14000
Zuschnitt	Volumen	15769,33958					
	Defekte	860	95%	54557	48000	56000	52000
Reinigung	Volumen	14909,01347					
	Defekte	962,9435453	94%	64588	66000	71000	68500
Galv. Beschichtung	Volumen	13946,06992					
	Defekte	498	96%	35731	38000	42000	40000
Insgesamt (Durchsatzertrag in % und DPPM insges.)			84%	169.292,44	155000	215000	180000

	Prozess-fähigkeits-Index (Cp)	Prozess-fähigkeits-Index für zentrierten Prozess (Cpk)	Unterer Cpk	Oberer Cpk	Prozess-Sigma-Ebene (unter Annäherungs-methode für Normal-verteilung)	Untere Spez.-Grenze für Z	Obere Spez.-Grenze für Z	Minimal-grenze für Z
Auspackung/Kontrolle	1	0	1	0	2	3	1	1
Zuschnitt	0	0	0	0	0	0	0	0
Reinigung	0	0	0	0	0	1	0	0
Galv. Beschichtung	0	0	0	0	0	0	0	0
Insgesamt	0,61	0,41	0,41	0,80	1,56	1,23	2,40	1,23

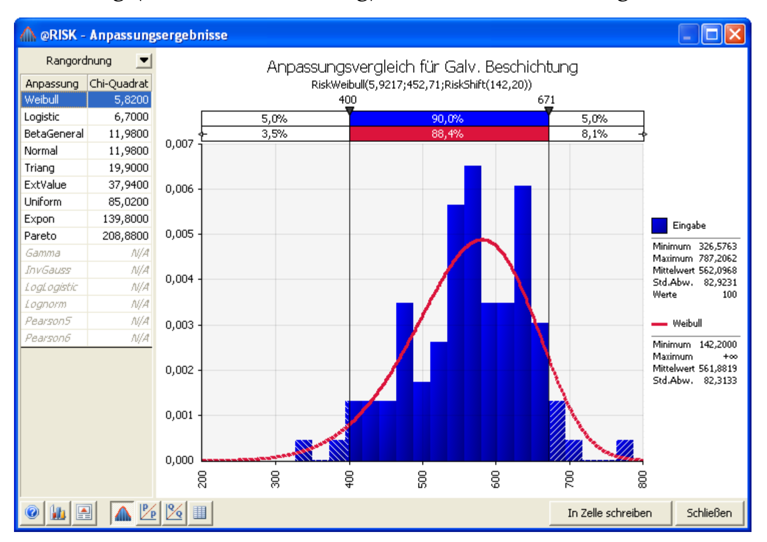
Daten			
Auspackung/Kontrolle	Zuschnitt	Reinigung	Galv. Beschichtung
236,1622343	901,9640194	962,8937382	601,9177653
204,3575985	675,958437	1050,611497	624,7791612
215,4454857	831,6089541	1088,748251	447,085089
234,5399238	400,6966844	1005,431237	648,763609
236,5952288	841,7481834	1024,902695	510,1209003
205,1656081	888,410648	913,7734386	573,0917982
232,8379071	822,0953131	1052,650674	611,0135421
216,4401231	987,5231153	1002,298515	564,7300577
234,8131535	504,0213322	1098,381686	544,2924933
231,177775	896,5052121	1128,103503	634,0005198
225,9061811	1111,115684	995,795412	643,6620535
225,0905372	766,710715	1067,520207	441,3691117
229,4027503	754,6312407	1089,918764	654,7485389
225,9963891	696,9299689	1046,101198	520,6915119
199,6920514	910,6343385	1015,523847	575,932403
229,5699606	729,1364717	926,5063694	508,5643563
223,3430953	1084,296554	985,7020412	623,2414152
234,8444372	558,3360224	1068,520977	558,105694
214,6913324	528,2753819	1145,633814	627,6957138
242,8538053	846,7405264	971,1215133	465,878661

Prozesssimulation –Tornado

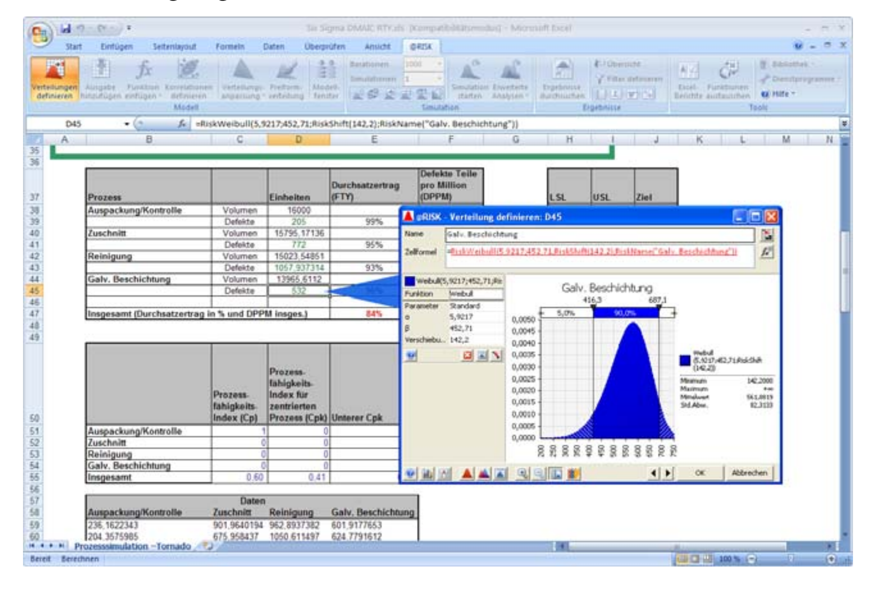
Es ist also wichtig, die Anzahl der fehlerhaften Einheiten zu reduzieren. Der Fertigungsprozess ist jedoch langwierig sowie auch komplex und es ist daher schlecht zu übersehen, an welcher Stelle begonnen werden sollte. Mithilfe von @RISK können viele verschiedene Ergebnisse simuliert und kann auch genau festgelegt werden, welche Prozessstufe die meisten Defekte verursacht. Auch ist es möglich, wichtige Prozessfähigkeitsmetrik für jede Prozessstufe sowie auch für den gesamten Fertigungsprozess zu generieren, wodurch die Produktqualität verbessert und die Produktvergeudung reduziert werden kann. Auf diese Weise kann @RISK für das Messen und Analysieren von Phasen innerhalb der DMAIC-Methode verwendet werden. Durch @RISK wird der aktuelle Prozesszustand mittels Fähigkeitsmetrik gemessen und dann mithilfe der Empfindlichkeitsanalyse festgestellt, wie der Prozess evtl. verbessert werden könnte.

Verteilungs-anpassung

Unter Verwendung der aus dem Fertigungsprozess erfassten Daten wurde die Verteilungsanpassungsfunktion in @RISK dazu benutzt, die Verteilungsfunktionen zu definieren und die fehlerhaften Teile auf jeder Prozessstufe zu beschreiben, d. h. auf den Stufen **Auspackung/Kontrolle, Zuschnitt, Reinigung** und **Galvanische Beschichtung**. Die Verteilungsanpassung für die galvanische Beschichtung (Weibull-Verteilung) ist nachstehend dargestellt.



Diese angepassten Verteilungen wurden direkt dem Modell hinzugefügt. Nachstehend ist die Verteilung für die galvanische Beschichtung abgebildet.

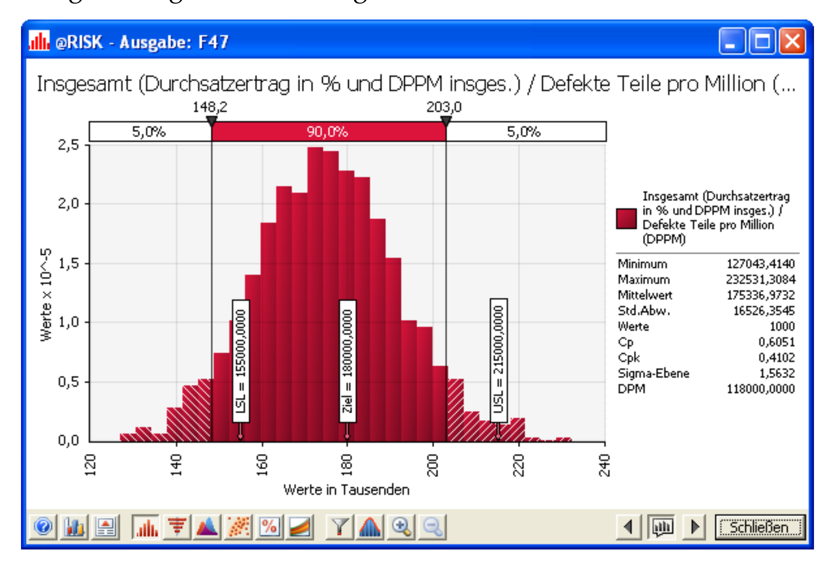


Simulations-ergebnisse

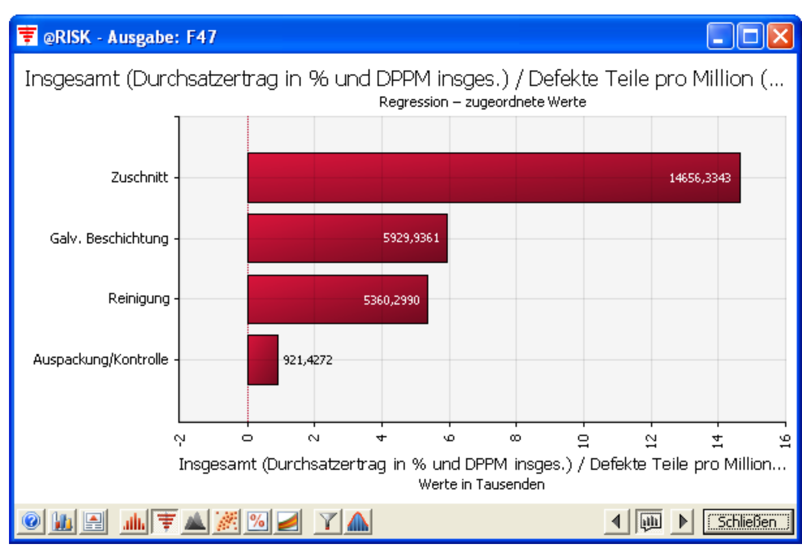
Anschließend wurden die DPPMs (Defective Parts per Million – defekte Teile pro Million) für jede Prozessstufe sowie auch für den gesamten Fertigungsprozess als @RISK-Ausgaben definiert, und zwar mit Six Sigma-Spezifikationen für USL (obere Spezifikationsgrenze), LSL (untere Spezifikationsgrenze) und Zielwert. Nach Ausführung der Simulation wurden verschiedene Six Sigma-Metriken für die einzelnen Prozessstufen und den Fertigungsprozess insgesamt berechnet.

	Prozess-fähigkeits-Index (Cp)	Prozess-fähigkeits-Index für zentrierten Prozess (Cpk)	Unterer Cpk	Oberer Cpk	Prozess-Sigma-Ebene (unter Annäherungs-methode für Normal-verteilung)	Untere Spez.-Grenze für Z	Obere Spez.-Grenze für Z	Minimal-grenze für Z
Auspackung/Kontrolle	0,637871456	0,410865121	0,86487779	0,410865121	1,580466818	2,594633	1,232595	1,232595
Zuschnitt	0,101856123	0,089152855	0,089152855	0,114559391	0,304167872	0,267459	0,343678	0,267459
Reinigung	0,158926099	0,098825795	0,219026404	0,098825795	0,494433585	0,657079	0,296477	0,296477
Galv. Beschichtung	0,112332757	0,092303263	0,13236225	0,092303263	0,323918153	0,397087	0,27691	0,27691
Insgesamt	0,605094123	0,410192766	0,410192766	0,799995481	1,563223647	1,230578	2,399986	1,230578

Es folgt die Ergebnisverteilung für DPPM.



Zum Schluss war aus Empfindlichkeitsanalyse und Tornado-Diagramm zu erkennen, dass das Zuschneiden hauptsächlich für die Fehlerhaftigkeit verantwortlich war, obwohl auf einer anderen Stufe, d. h. der Reinigungsstufe, ein noch geringerer Durchsatzertrag (FTY) zu verzeichnen war. Obwohl beim Zuschnitt ein höherer Durchsatzertrag erzielt wurde, ist dieser Vorgang als solcher weniger logisch und zeigt größere Variationen als die anderen Stufen des Fertigungsprozesses.

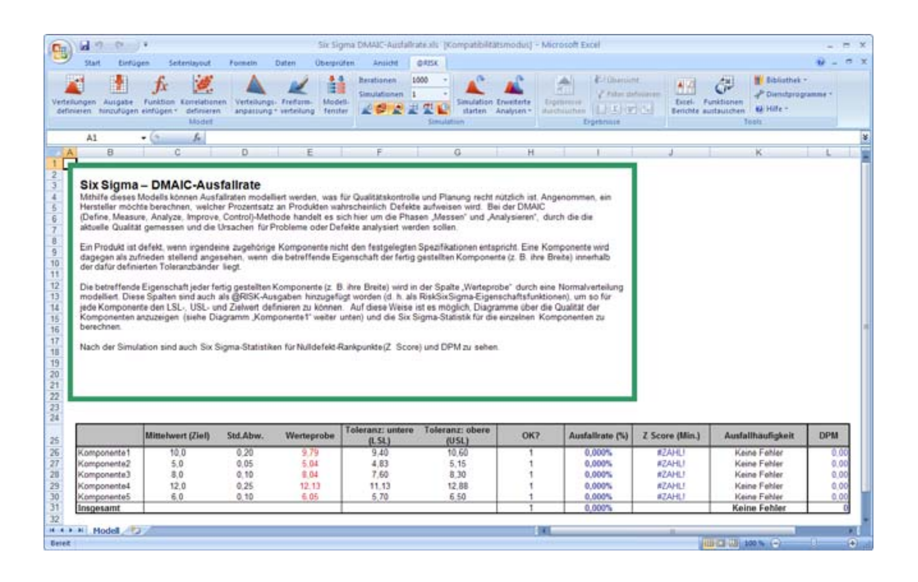


Beispiel 7 – Six Sigma DMAIC-Ausfallrate

Beispielmodell: Six Sigma DMAIC-Ausfallrate.xls

Mithilfe dieses Modells können Ausfallraten modelliert werden, was für Qualitätskontrolle und Planung recht nützlich ist. Angenommen, ein Hersteller möchte berechnen, welcher Prozentsatz an Produkten wahrscheinlich Defekte aufweisen wird. Bei der DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)-Methode handelt es sich hier um die Phasen **Messen** und **Analysieren**, durch die die aktuelle Qualität gemessen und die Ursachen für Probleme oder Defekte analysiert werden können.

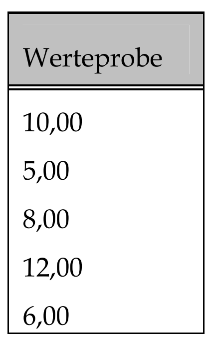
Ein Produkt ist defekt, wenn irgendeine zugehörige Komponente nicht den festgelegten Spezifikationen entspricht. Eine Komponente wird dagegen als zufrieden stellend angesehen, wenn die betreffende Eigenschaft der fertig gestellten Komponente (z. B. ihre Breite) innerhalb der dafür definierten Toleranzbänder liegt.



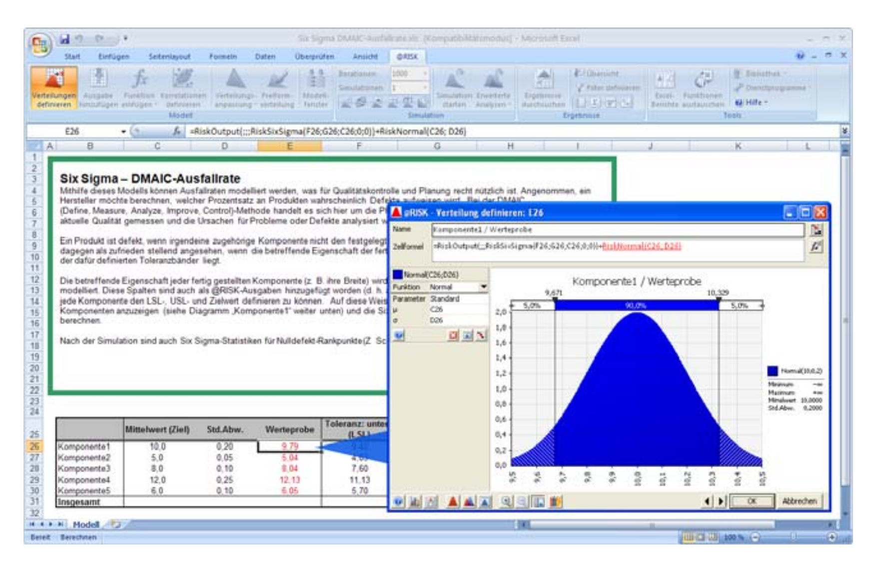
	Mittelwert (Ziel)	Std.Abw.	Werteprobe	Toleranz: untere (LSL)	Toleranz: obere (USL)	OK?	Ausfallrate (%)	Z Score (Min.)	Ausfallhäufigkeit	DPM
Komponente1	10,0	0,20	9,79	9,40	10,60	1	0,000%	#ZAHL!	Keine Fehler	0,00
Komponente2	5,0	0,05	5,04	4,83	5,15	1	0,000%	#ZAHL!	Keine Fehler	0,00
Komponente3	8,0	0,10	8,04	7,60	8,30	1	0,000%	#ZAHL!	Keine Fehler	0,00
Komponente4	12,0	0,25	12,13	11,13	12,88	1	0,000%	#ZAHL!	Keine Fehler	0,00
Komponente5	6,0	0,10	6,05	5,70	6,50	1	0,000%	#ZAHL!	Keine Fehler	0,00
Insgesamt						1	0,000%		Keine Fehler	0

Modellierung der Komponenten-breite

Die betreffende Eigenschaft jeder fertig gestellten Komponente (z. B. ihre Breite) wird in der Spalte **Werteprobe** durch eine Normalverteilung modelliert.



Werteprobe
10,00
5,00
8,00
12,00
6,00



Diese Spalten sind auch als @RISK-Ausgaben hinzugefügt worden (d. h. als *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktionen), um so für jede Komponente den LSL-, USL- und Zielwert definieren zu können. Nachstehend ist die Formel für Komponente 1 angegeben:

=RiskOutput(;;;RiskSixSigma(F26;G26;C26;0;0))+RiskNormal(C26; D26)

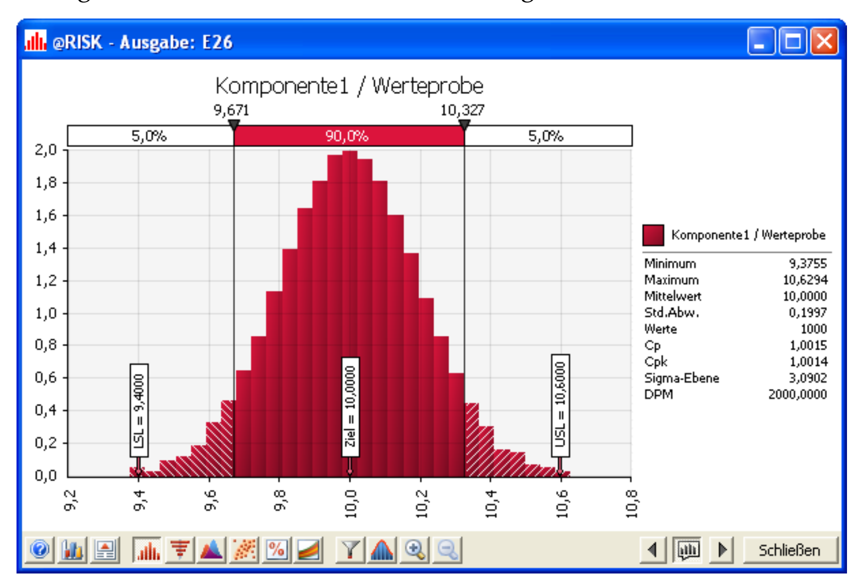
Auf diese Weise ist es möglich, Diagramme über die Qualität der Komponenten anzuzeigen und die Six Sigma-Statistik für die einzelnen Komponenten zu berechnen.

Verwendung der Funktion RiskMean, um die Ausfallrate zu berechnen

Die aggregierte Ausfallrate für die Komponente wird mithilfe der Funktion *RiskMean* berechnet, bei der es sich um eine @RISK-Statistikfunktion handelt, die nur nach ausgeführter Simulation anwendbar ist. Nach der Simulation sind auch die aggregierten Six Sigma-Statistiken für Nulldefekt-Rankpunkte (Z Score) und DPM zu sehen.

Z Score (Min.)	Ausfallhäufigkeit	DPM
2,999060375	eine aus 334	3000
2,99523275	eine aus 334	3000
2,990852805	eine aus 334	3000
3,492267357	eine aus 1000	1000
3,002125568	eine aus 1000	1000
2,945880756	eine aus 91	11000

Nachstehend ist das Diagramm für die Werteproben aus Komponente 1 dargestellt, und zwar mit den Markierungen für USL, LSL und Ziel.



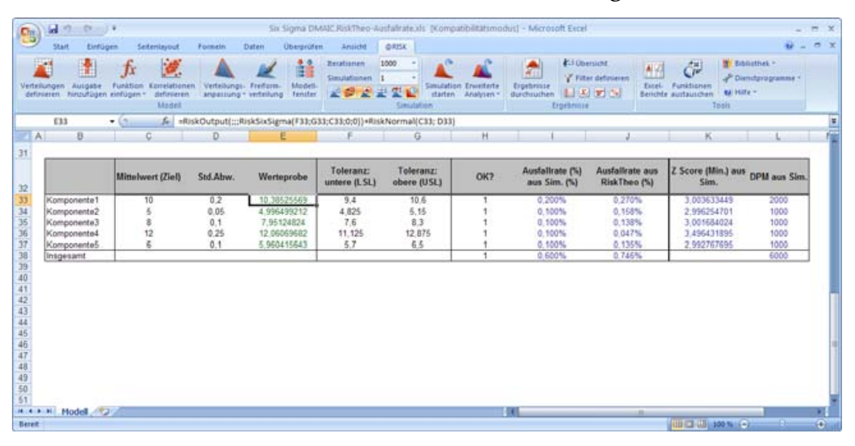
Beispiel 8 – Six Sigma DMAIC-Ausfallrate unter Verwendung von *RiskTheo*

Beispielmodell: Six Sigma DMAIC.RiskTheo-Ausfallrate.xls

Dies ist eine Erweiterung des Modells zur Bestimmung der DMAIC-Ausfallrate, das für Qualitätskontrolle und Planung recht nützlich ist. In diesem Modell werden die RiskTheo-Funktionen (in diesem Fall *RiskTheoXtoP*) verwendet, um die Ausfallrate ohne Ausführung irgendeiner Simulation zu bestimmen. Durch *RiskTheo*-Funktionen werden theoretische Statistiken über Eingabeverteilungen oder Formeln anstatt über Simulationsdaten zurückgegeben.

Angenommen, ein Hersteller möchte berechnen, welcher Prozentsatz an Produkten wahrscheinlich Defekte aufweisen wird. Bei der DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)-Methode handelt es sich hier um die Phasen **Messen** und **Analysieren**, durch die die aktuelle Qualität gemessen und die Ursachen für Probleme oder Defekte analysiert werden können.

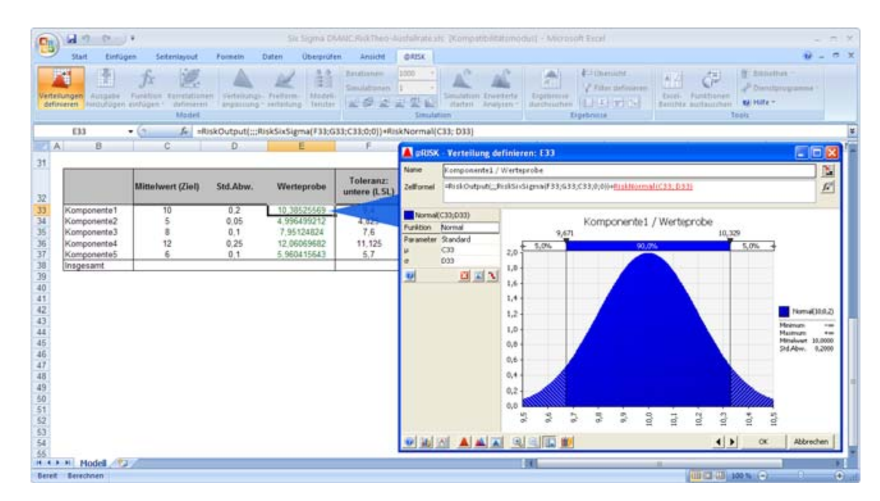
Ein Produkt ist defekt, wenn irgendeine zugehörige Komponente nicht den festgelegten Spezifikationen entspricht. Eine Komponente wird dagegen als zufrieden stellend angesehen, wenn die betreffende Eigenschaft der fertig gestellten Komponente (z. B. ihre Breite) innerhalb der dafür definierten Toleranzbänder liegt.



Modellierung der Komponenten-breite

Die betreffende Eigenschaft jeder fertig gestellten Komponente (z. B. ihre Breite) wird in der Spalte **Werteprobe** durch eine Normalverteilung modelliert.

Werteprobe
10,00
5,00
8,00
12,00
6,00



Diese Spalten sind auch als @RISK-Ausgaben hinzugefügt worden (d. h. als *RiskSixSigma*-Eigenschaftsfunktionen), um so für jede Komponente den LSL-, USL- und Zielwert definieren zu können. Nachstehend ist die Formel für Komponente 1 angegeben:

=RiskOutput(;;;RiskSixSigma(F26;G26;C26;0;0))+RiskNormal(C26; D26)

Auf diese Weise können Diagramme über die Qualität der Komponenten angezeigt sowie Six Sigma-Statistiken über jede Komponente berechnet werden, sofern eine Simulation ausgeführt wird.

Verwendung der Funktion RiskTheoXtoP, um die Ausfallrate zu berechnen

Die aggregierte Ausfallrate der Komponente wird mittels *RiskTheoXtoP* berechnet, durch welche Funktion die Werteproben aus den Normalverteilungen in der Spalte **Werteprobe** erhoben werden. Die Ausfallrate kann mithilfe von RiskMean auch aus einer Simulation berechnet werden, sofern eine entsprechende Simulation ausgeführt wird. Auf diese Weise kann die simulierte Ausfallrate mit der über *RiskTheo* berechneten Ausfallrate verglichen werden.

Ausfallrate (%) aus Sim. (%)	Ausfallrate aus *RiskTheo* (%)
0,30%	0,270%
0,20%	0,158%
0,20%	0,138%
0,00%	0,047%
0,10%	0,135%
1%	

Nach der Simulation sind auch die aggregierten Six Sigma-Statistiken für Nulldefekt-Rankpunkte (Z Score) und DPM zu sehen.

Z-Min. aus Sim.	DPM aus Sim.
2,998616548	3000
2,997415317	2000
2,997730848	2000
3,49840855	0
3,004560454	1000
3,146403741	8000

